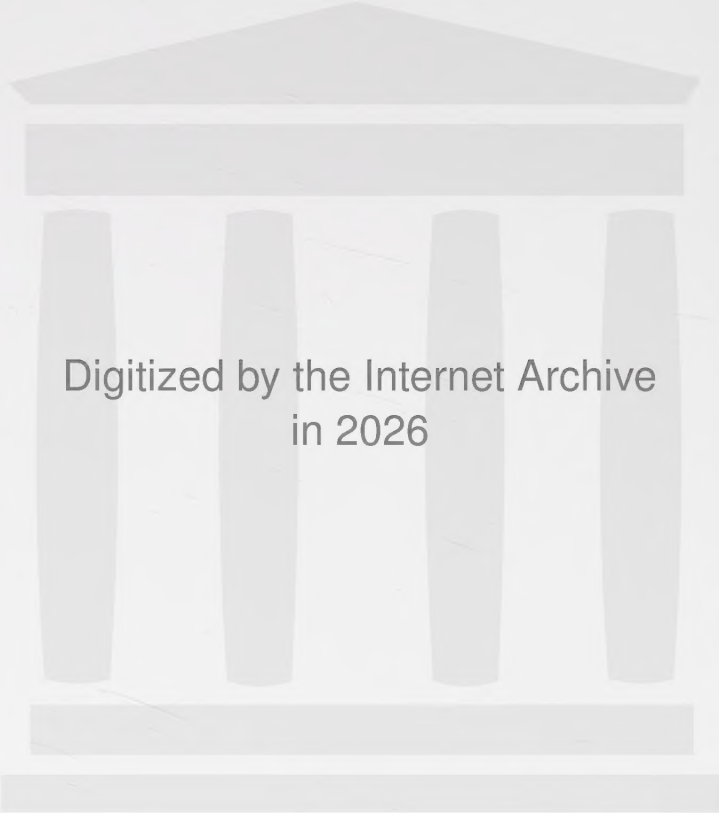


**SZINTIGRAPHISCHE UND QUANTIFIZIERENDE UNTERSUCHUNGEN
VON GONARTHROSEN MIT $^{113m}\text{INDIUM}$ UND $^{99m}\text{TECHNETIUM}$ -
PYROPHOSPHAT UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON
VERLAUFSKONTROLLEN VOR UND NACH ANALGETISCHER
COBALT 60 -BESTRAHLUNG**

Michael A. Schultz

München

1977



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555616_0074

Aus der Radiologischen Klinik und Poliklinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. J. Lissner

**SZINTIGRAPHISCHE UND QUANTIFIZIERENDE UNTERSUCHUNGEN VON GONARTHROSEN
MIT ^{113m}In UND ^{99m}Tc -PYROPHOSPHAT UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON
VERLAUFSKONTROLLEN UNTER ANALGETISCHER BESTRAHLUNG**

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Michael Alexander Schultz

aus

München

1977



Mit Genehmigung des FB Medizin der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. med. habil. U. Büll

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. J. Lissner

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 8. März 1977

Diese Arbeit ist all denen gewidmet, die mein Leben
mit Rat und Tat prägten und förderten und die ge-
holfen haben, es mit Sinn und Freude zu erfüllen.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	1
II. Arthrosis deformans	2
2.1. Pathologie, Pathophysiologie, Klinik und Röntgenbefunde	2
2.2. Therapie	6
III. Verwendete Radiopharmaka und Meßeinrichtungen	7
IV. Methodik und Beobachtungsgut	9
V. Ergebnisse der quantifizierenden und szintigraphischen Untersuchungen mit ^{99m}Tc -PyP und ^{113m}In Indium bei Arthrose des Kniegelenks	16
5.1. Erstellung der Normalwerte mit der „Subtraktionsmethode“	16
5.2. Anwendung in der Diagnostik der Gonarthrose	16
5.2.1. Korrelation mit röntgenologischen Veränderungen	16
5.2.2. Korrelation mit klinischen Befunden	16
5.2.3. Zusammenfassende Darstellung der Kinetik und des rel. Inhalts von ^{99m}Tc -PyP im Weichteil- und Knochenpool sowie dem Blutpool der untersuchten Kniegelenke	20
5.3. Szintigraphische Darstellung von Kniegelenken mit degenerativen Veränderungen ...	22
5.4. Ergebnisse von Verlaufsbeobachtungen nach analgetischer Bestrahlung von Gonarthrosen	27
5.4.1. Röntgenologische, szintigraphische und klinische Beobachtungen	27
5.4.2. Verlaufsmessungen und Auswertung nach der „Subtraktionsmethode“	28
VI. Diskussion	31
VII. Zusammenfassung	39
VIII. Tabellarium	41
IX. Anhang	51
X. Literaturverzeichnis	63
XI. Lebenslauf	69

1. EINLEITUNG

Schon seit langem werden osteotrope Radiopharmaka in der Diagnostik entzündlicher und degenerativer Erkrankungen der großen Gelenke eingesetzt (Kolar 1968, 1971, Dreyer 1972, Büll 1975). Man erkannte jedoch bald die Notwendigkeit, neben dem Szintigramm quantifizierende Angaben über Mehr- oder Minderanreicherung des betreffenden Radionuklids machen zu müssen. Dies ist umso wichtiger, da in letzter Zeit der Einsatz der Skelettszintigraphie bei der Suche nach Knochenmetastasen als „Screening“-Untersuchung empfohlen wird (Georgi 1974). Hierbei wird es dann unerlässlich, neben der szintigraphischen Information einer Mehr- oder Minderanreicherung im Vergleich zu umgebenden Strukturen, einen normierten Wert für den tatsächlichen Umfang der Einlagerungen des Radionuklids zu erhalten, um diesen dann mit den „Normalwerten“ vergleichen zu können. Es wird also notwendig sein, neben den sich ständig weiterentwickelnden Aufzeichnungsmöglichkeiten der Verteilung und Anreicherung von Radionukliden, wie Ganzkörperscanner und Gamma-Kamera, durch den Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung zu kinetischen bzw. quantitativen Parametern zu kommen, die die Aussagekraft der nuklearmedizinischen Diagnostik gegenüber der Summationsaufnahme der Radionuklidverteilung (Szintigramm) verbessern können.

Unter diesen Gesichtspunkten entstand an der Klinik und Poliklinik für Radiologie der Universität München die vorliegende Arbeit, die zusammen mit anderen die Wertigkeit nuklearmedizinischer Diagnostik bei entzündlichen und degenerativen Erkrankungen der Hüft- und Kniegelenke sowie der Wirbelsäule zusammenfassend darstellt (Büll, 1975). Aufgabe dieser Arbeit war es zum einen, die Anreicherung von ^{99m}Tc -Pyrophosphat in arthrotisch veränderten Kniegelenken zu messen und mit Hilfe der Subtraktionsmethode zu rechnerisch ermittelten Bezugsgrößen zu kommen, die über Art und Umfang der Einlagerung des verwendeten Radionuklids informieren, zum anderen, den Einsatz der Methode in der Therapieerfolgskontrolle nach analgetischer Tiefenbestrahlung bei Arthrose des Kniegelenks zu prüfen. Die Auswertung wurde mit Hilfe einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage durchgeführt, wobei Programm und Datenerfassung mit zu gestalten waren.

2. ARTHROSIS DEFORMANS

2.1. Pathologie, Röntgenbefunde und Klinik

Die Arthrose ist die häufigste Gelenkerkrankung überhaupt, die sich wie folgt auf die einzelnen Gelenke verteilt (Ruckes, 1974):

Wirbelsäule	59,94 %	Hüftgelenke	7,34 %
Kniegelenke	26,67 %	Sprunggelenke	4,14 %
Schulter-, Ellenbogen-, Hand- und Fingergelenke			1,07 %

Über die pathologisch-anatomischen Verhältnisse und die Pathomechanismen der Arthrosis deformans. Arthrosis deformans bestehen heute weitgehend übereinstimmende Vorstellungen, hierbei wird grundsätzlich in eine primäre und sekundäre Arthrose unterschieden.

Bei der primären Arthrose besteht ein Defekt des Gelenkknorpelstoffwechsels aus noch unbekannter Ursache.

Die sekundären Arthrosen können grob in zwei pathogenetisch unterschiedliche Gruppen aufgegliedert werden. In einem Fall kommt es zur Einlagerung von pathologisch vermehrt auftretenden Metaboliten im Gelenk bei allgemeinen Stoffwechselerkrankungen (degenerative arthrotische Veränderungen von Arthropatien bei Stoffwechselkrankheiten), im anderen Fall zur Stoffwechselstörung im Gelenkknorpel durch eine inadäquate Gelenkknorpelbelastung, die angeboren oder erworben sein kann (sekundäre Arthrose im engeren Sinn). Für diese klinisch und/oder radiologisch feststellbare Fehlstellung oder Verfälschung eines Gelenks führte Cotta den Begriff der „präarthrotischen Deformität“ ein, deren Wertigkeit für die Entstehung der sekundären Arthrose völlig gesichert gilt (Kaufman 1968, Hackenbroch 1974).

Im Verlauf der Entstehung der Arthrosis deformans kommt es einheitlich zur Degeneration des Gelenkknorpels, zu degenerativen und reaktiven Veränderungen des subkartilaginären Knochens, zur Reaktion der Gelenkkapsel und zu Veränderungen der dem Gelenk zugeordneten Sehnen und Muskeln.

Diese Vorgänge sind in Abb. 1 auf S. 3 schematisch zusammengefaßt. Der arthrotische Prozeß beginnt mit Knorpelverminderung, Mitochondrienschwellung, erhöhtem Stoffwechselumsatz der Proteoglykane und Verminderung der sauren Mukopolysaccharide, die mit ultrastrukturellen Untersuchungsverfahren nachgewiesen werden konnten (Bollet 1966). Diesem Stadium der Präarthrose folgt das sog. Stadium I der Arthrose, das sich ebenfalls noch weitgehend der routinemäßigen diagnostischen Erfassung entzieht.

Es ist gekennzeichnet durch eine makroskopische Rauigkeit, die lichtmikroskopisch als oberflächliche Fibrillation imponiert. Sie entsteht durch den Verlust der Knorpelmatrix und die Separierung der am gesunden Knorpel tangential verlaufenden kollagenen Fasern der obersten Knorpelzone. Hierdurch kommt es zur Spaltenbildung und zur Freilegung der arkadenartig verlaufenden kollagenen Fibrillen der tiefer liegenden Knorpelzonen (Beneke 1974). Im Verlauf der Erkrankung beobachtet man eine Erhöhung des Wassergehaltes und dadurch einen Elastizitätsverlust am Knorpel (Boyle u. Buchanan 1971; Otte 1971).

Hieraus entwickeln sich Fissuren, die durch autolytische Enzyme unter Mitwirkung der Synovialflüssigkeit zu makroskopischen Ulcerationen im Knorpel und zur Verdünnung der Knorpeldicke führen (path. Stadium II).

Das Stadium III der Arthrose zeichnet sich dadurch aus, daß der Knorpel stellenweise bis auf den subkartilaginären Knochen abgetragen ist. Im Bereich der artikulierenden Gelenkflächen finden wir stattdessen hyperostotische Knochenplatten, an denen Bindegewebsproliferationen auftreten, die dann verkalken (Sklerosen, Eburnisationen) (Boyle u. Buchanan 1971). Unter diesen knöchernen Deckplatten kommt es zu Nekrosen des hyperostotischen Knochens mit Einbruch in den subchondralen Spongiosaraum und somit zur Bildung von

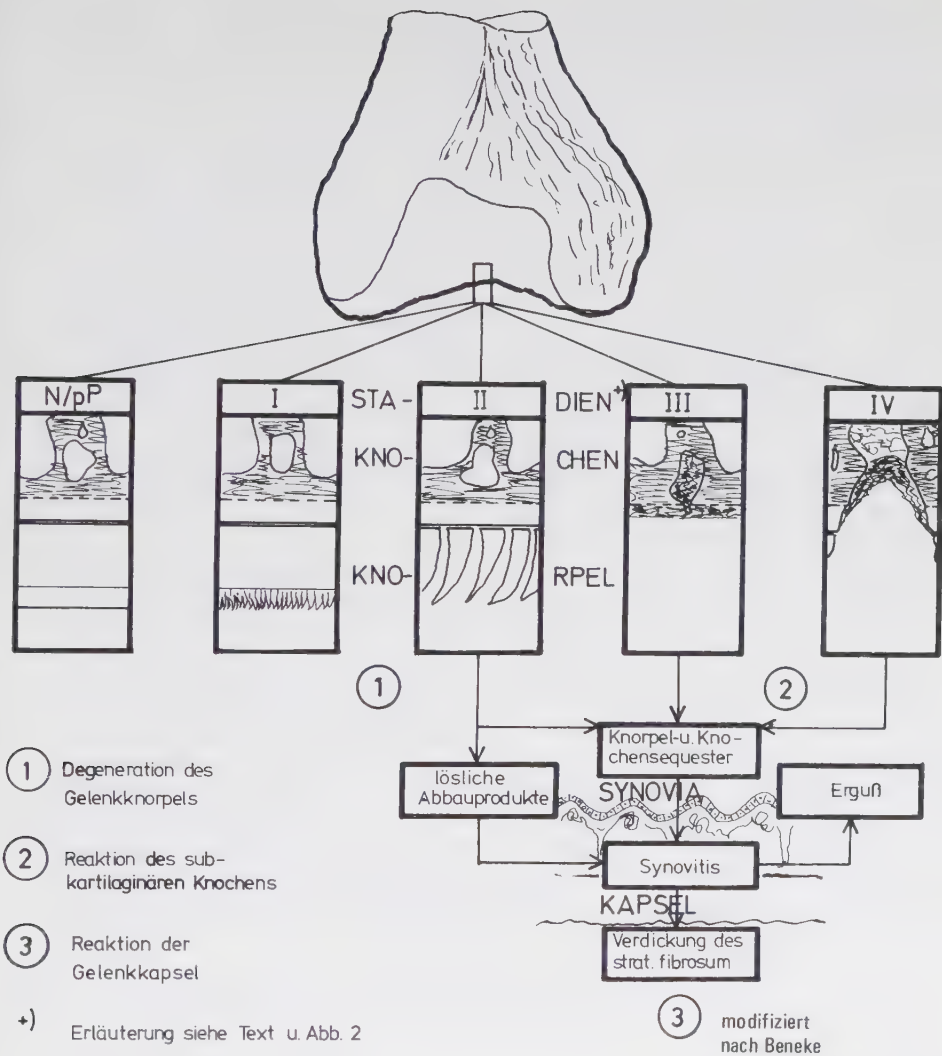


Abbildung 1: Schema der Pathogenese und des pathologischen-anatomischen Substrats der Arthrosis deformans.

Zysten und Pseudozysten (Rütt 1957, Rutishauser 1959, Batra u. Charnley 1969), die teilweise Verbindung zum Gelenkspalt haben. Im weiteren Verlauf führt die arthrotische Veränderung des Gelenkes zur Funktionseinschränkung und zur Verminderung der artikulierenden Gelenkflächen. Dabei kommt es zur „kompensatorischen“ Bildung von sogenannten Randexostosen (= Osteophyten) im Gebiet von Entlastungszonen. Ihr Wachstum wird durch einen der enchondralen Ossifikation ähnlichen Vorgang erhalten (Collins 1949; Rutishauser 1959; Jeffrey 1973). Sie werden z.T. von neugebildetem Knorpel überzogen.

Diese knöchernen Veränderungen sind am Hüftgelenk besonders genau untersucht worden.

Im Stadium IV kommt es zum Durchbruch der Knochendeckplatte und zur direkten Eröffnung des Spongiosaraums in den Gelenkspalt (Graeter u. Rütt 1961) – zur sogenannten Knochenmarkswunde (Otte 1971) – und im Anschluß zu reparativen Bindegewebsproliferationen mit Gefäß einsprossungen, sowie zur Regeneration von Faserknorpel.

Lösliche Abbauprodukte bzw. Knochen- und/oder Knorpelsequester führen (ab dem Stadium II) zur entzündlichen Reaktion der Gelenkkapsel, die eine Synovitis mit Erguß zur Folge haben können. Dies unterhält wiederum durch die Veränderung in der Viskosität der Gelenkflüssigkeit, enzymatische Einflüsse und die gestörte Ernährungsbasis des Gelenkknorpels den arthrotischen Prozeß weiter und beeinträchtigt zusätzlich den vorgeschädigten Knorpel in seiner Funktion (Schulitz 1974). Neben diesen Veränderungen des stratum synoviale der Gelenkkapsel wird das stratum fibrosum reaktiv verdickt bzw. chondromatös umgewandelt (Lloyd – Roberts 1975). Als Ursache dieses klinisch als Reizzustand bezeichneten Stadiums einer Arthrose gilt neben der Knorpel- bzw. Knochenerosion, ein dem Detritus entstammender Irritationsfaktor. Beteiligt sind dabei, neben der Reagibilität der Gelenkkapsel, eine metabolische Acidose der Synovia und ein über Zwischenstufen aktivierbares System von biologisch aktiven Peptiden (Kinine) (Otte 1971).

Zusätzlich treten reaktive Veränderungen an den dem Gelenk zugeordneten Muskeln und Sehnen auf, die aber im Gegensatz zu den Arthritiden in den wenigsten Fällen zu morphologisch faßbaren oder gar entzündlichen Veränderungen führen (Beneke 1974).

Röntgenologisch läßt sich eine Arthrose erst ab dem pathol. Stadium II sicher beurteilen. Hierbei entspricht die Verschmälerung der Knorpeldicke einer Verschmälerung des auf dem Röntgenbild dargestellten „Gelenkspaltes“, die Randexostosen imponieren als Randbetonungen bis zur deutlichen Randwulstbildung. Cysten, Hyperostosen und die sog. „Knochenmarkswunde“ werden als subartikuläre Cysten, Sklerosierungen und Kontinuitätsunterbrechungen der Knochenoberfläche gesehen. Die Stadieneinteilung dieser Veränderungen wurde z.B. von Stender und Frey (1974) definiert und für diese Arbeit übernommen. Sie findet sich im Einzelnen in Abb. 2, S. 5. Klinisch imponiert die Arthrose durch die funktionelle Insuffizienz des betroffenen Gelenkes. Diese wird aber in den seltensten Fällen durch die ossären, chondralen und muskulären Veränderungen hervorgerufen, sondern durch die rein subjektive Symptomatik des Schmerzes. Wir fanden auch in unserem Krankengut mehrfach bei schweren röntgenologischen Veränderungen (subjektive!) Beschwerdefreiheit, dagegen bei röntgenologisch kaum faßbaren Veränderungen (Stadium I) sog. aktivierte Arthrosen, d.h. Ruheschmerzen.

Diese Beobachtung stimmt mit den Angaben vieler Autoren (Wagenhäuser 1971, Otte 1971, Boyle u. Buchanan 1971, Hackenbroch 1974) überein, die als klinisches Leitsymptom den Schmerz in den Vordergrund stellen.

Daraus ergeben sich große diagnostische Unbestimmtheiten, die die exakte Objektivierung einer Arthrose besonders erschweren, zumal die Bedeutung und Verwertbarkeit der Röntgenbefunde sehr eingeschränkt ist (Hackenbroch 1974). Gerade unter diesem Gesichtspunkt sind Radiopharmaka, die über die gestörte Stoffwechselsituation des arthrotisch veränderten Gelenks Auskunft geben könnten von besonderer klinischer Bedeutung. Insbesondere die Objektivierbarkeit der Diagnose einer aktivierten Arthrose (Synonym: Arthrose im Reizzustand) erscheint nötig, da sie durch den Dauerschmerz (Ruheschmerz) nicht nur das betroffene Gelenk funktionsuntüchtig macht, sondern auch die gesamte Leistungsfähigkeit des Patienten herabsetzt.

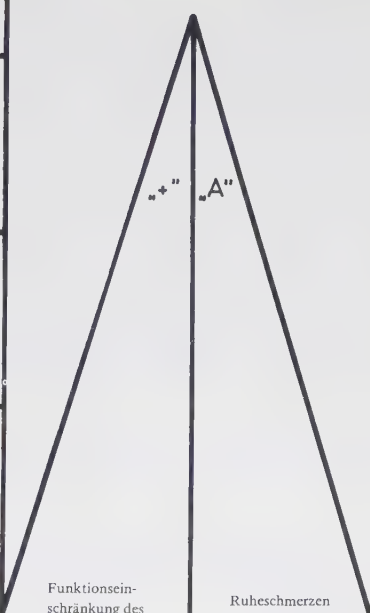
pathol.	radiol.	klinisch	
N = normal P = Präarthrose		keine subjektiven Beschwerden, keine Funktionseinschränkung des Gelenks	
I = Oberflächliche Fibrillation	0 = keine röntgen. sichtb. Veränderungen		
II = Knorpelulcera mit Verschmälerung der Knorpeldicke mit/oder ohne Randexostosen "Knorpelwunde"	I = Geringe Gelenkspalt- verschmälerung mit/oder ohne kleine Randbetonungen		
	II = Deutliche Randwulstbildung mit/oder ohne Gelenkspalt- verschmälerung		
III = Knorpelschwund mit Hyperostosen und Pseudocysten mit Randexostosen	III = Gelenkspaltverschmälerung und deutliche Randwulstbil- dung; zusätzlich subartikuläre Cystenbildung und Sklerosie- rungen		
IV = "Knochenmarkswunde" mit ausgedehnten reparativen Veränderungen	IV = Schwere deformierende Ver- änderungen mit ausgedehnten Sklerosen, größeren Cysten und extrem schmalen Gelenkspalt	Funktionseinschränkung des Gelenks, insbe- sondere Anlauf- (Start-), Ermü- dungs-, und Belastungs- schmerzen	Ruheschmerzen mit z.T. deutli- chen Entzün- dungszeichen bis zum Funk- tionsausfall des Gelenks

Abb. 2: Synopsis der Stadieneinteilung der Arthrose

Durch das entzündungsähnliche Bild (s. Anmerkung) ist die differentialdiagnostische Abgrenzung zu echten spezifischen und unspezifischen Gelenkentzündungen oft unmöglich (Hartl 1971, Boyle u. Buchanan 1971). Bei jeder Arthrose im Reizzustand, die sich am Kniegelenk manifestiert, ist gerade bei jüngeren Patienten immer auch an den atypischen Beginn einer chronischen Polyarthrits zu denken (Wagenhäuser 1971, Hartmann 1973).

In einem Schema sind die pathologischen, röntgenologischen und klinischen Stadien zusammengefaßt und zu einander in Beziehung gesetzt worden (Abb. 2 auf S. 5).

Anmerkung: Von den typischen Entzündungszeichen: „Calor, rubor, dolor, tumor, functio laesa“ fanden sich in unserem Krankengut neben Schmerz, Schwellung und Funktionseinschränkung, in mehr als der Hälfte der Fälle Überwärmung z.T. mit deutlicher Rötung.

2.2. Therapie

Die Therapie der Arthrose zielt auf die Entlastung des erkrankten Gelenkes bzw. auf die Unterbrechung des pathogenetischen Prozesses durch Entzug oder Entfernung von Faktoren aus der Kausalkette.

Gerade diese Therapie versprache großen Erfolg, dürfte aber wohl derzeit noch nicht wesentlich über das Stadium der Anfangserfolge hinweggekommen sein. Die konservative Therapie umfaßt Gewichtsabnahme, Bewegungsübungen, physikalische Therapie, gelegentlich Injektionen von Lokalanästhetica und/oder Antirheumata, die in schweren Fällen auch systemisch und als Dauermedikation gegeben werden.

Chirurgisch-orthopädisch versucht man Gelenkfehlstellungen zu korrigieren, irritierende Faktoren zu entfernen, bzw. das Gelenk zu versteifen und zu stabilisieren, bzw. zu ersetzen (Witt 1970, Mohing 1971, Schultze 1974).

Zur Linderung der Schmerzen bei aktivierten Arthrosen und bei Versagen konventioneller Therapie wird häufig die Strahlentherapie angegeben (Glauner 1951, Wieland u. Kuttig 1965, Wieland 1966, Stender 1968, Hug 1969, Pannewitz 1970, Heß 1972, Hartweg 1973).

Die Bestrahlungsdosen bewegen sich nach der Literatur zwischen 150 rd HD (Hartweg 1973) und 450 rd HD bei Kniegelenksarthrosen. Angewandt werden sowohl konventionelle Röntgentherapie wie Telegamma-Therapie mit ^{60}Co , wobei nach den neuesten Untersuchungen (Hartweg 1973) die durchschnittliche H₉₀-Dosis von 300 rd HD auf 150 rd HD gesenkt werden kann ohne den Erfolg zu beeinträchtigen. Entgegen älteren Berichten, die z.T. über Besserungen von 89 % berichten (Wieland 1966), konnte in 29 % der bestrahlten Gonarthrosen ein sehr guter Erfolg mit klinischer Besserung nach vier Wochen erreicht werden, 58 % zeigten sich beeinflussbar und bei 13 % war die Therapie erfolglos (Hartweg 1973). Da bekannt ist, daß einmal eingetretene, röntgenologisch faßbare Veränderungen nicht mehr beeinflussbar sind, ist man auch in der Frage der Therapieerfolgskontrolle bisher auf subjektive Befunde angewiesen. Auch hier wäre eine Information über die durch die Bestrahlung erfolgte Beeinflussung der Zellproliferation, sowie Ausmaß und Umfang der zu postulierenden Änderung des „Entzündungsmilieus“ durch die ionisierenden Strahlen (Hug 1969, 1974) von Interesse.

3. VERWENDETE RADIOPHARMAKA UND MESSEINRICHTUNGEN

Als osteotrope Substanz kam in unserer Untersuchung ^{99m}Tc -Phosphat-Zinn-Komplex (als Pyrophosphat) zur Anwendung. Es soll sich in vivo chelat-ähnlich verhalten, wobei die Phosphoratomate über Sauerstoffatomate verbunden sind und von körpereigenen Phosphatasen gespalten werden können (Eckelmann 1974). Unbekannt ist bisher, wie sich Tc-Pyrophosphat an den Knochen anlagert. Sicher scheint, daß es nicht wie die Calcium-analoga (Radiocalcium und Radiostrontium) am „Stoffwechsel“ des Hydroxylapatits teilnimmt, sondern eher eine Affinität zur organischen Knochengrundsubstanz aufweist. Irving (1973) zitiert Befunde, die für eine Beziehung des Pyro-phosphats zum Kollagenstoffwechsel sprechen, was sich durch neuere Arbeiten weiter zu bestätigen scheint (Büll 1975, Kaye u. Rosenthal 1975).

^{99m}Tc wird am Ort der Verwendung aus einem Generator eluiert. Aus ^{98}Mo wird durch einen n, γ -Prozeß ^{99}Mo , das unter Abgabe von γ -Strahlung in ^{99m}Tc zerfällt (HWZ = 67 Std.). ^{99}Mo ist dabei an eine Aluminium-Austauscher-Säule absorbiert, welche bei Elution mit phys. Kochsalzlösung ^{99m}Tc als Perthechnetat freigibt (HWZ = 6 h). Es geht unter Emmission der γ -Energien (2) 140 (142) KeV in ^{99m}Tc über. ^{99m}Tc wird nach einer von Subramanian u. Mit. (1971) angegebenen Methode zur Markierung von Phosphat-Zinn-Komplexen verwendet, die wie oben ausgeführt, ein befriedigend gutes osteotropes Verhalten zeigen. Für unsere Untersuchungen wurden Markierungs-Kits verwendet, die Pyrophosphat und Zinnchlorid enthielten (Verh.: P/Sn $\sim$ 25/1). Über die Nierenausscheidung und die Metabolisierung berichten Bok u. Mit. (1973), daß im Urin 43 % des ^{99m}Tc -Pyrophosphat als Orthophosphat erscheinen, 42,7 % als Pyrophosphat und 9,4 % als Tripolyphosphat. Als Verweildauer im Körper werden 1,5 bis 4 h p. i. angegeben. Die verabreichten Aktivitäten betragen bis zu 10 mCi ^{99m}Tc , wobei die Ansprechwahrscheinlichkeit eines Natrium-Jodid-(Thallium)-Kristalls von 3x2 Zoll 100 % beträgt und die Gewebelabwertschicht sich auf ca. 4 cm beläuft. Als Strahlenbelastung werden angegeben (Übersicht siehe bei Büll 1975): Ganzkörper 11 – 16 mrad/mCi, Skelett 45 – 80 mrad/mCi, Niere und Blase bis zu 90 mrad/mCi.

Zur Blutpoolmarkierung wurde ^{113m}In Indium verwendet, von dem bekannt ist, daß es nach intravenöser Injektion (bei pH 1,5) an Blutproteine gebunden wird (Stern u. Mit. 1967) und kurze Zeit p. i. (z.B. 5') sicher intravasal verbleibt.

^{113m}In wird ebenfalls aus einem Generator eluiert, wobei an ein Zirkonoxid- (bzw. Silikagel) absorbiertes $^{113}\text{Zinn}$ sich in ^{113m}In umwandelt (HWZ 115 d) und bei Durchlauf von 0,05 n HCl $^{113m}\text{Indiumchlorid}$ abgegeben wird.

^{113}In geht unter Abstrahlung von Gammaenergie von 392 KeV in stabiles ^{113m}In über (HWZ = 104'). Die verabreichten Aktivitäten betragen bis zu 5 mCi. Die Strahlenbelastung des Ganzkörpers 16 mrad/mCi (Blut 140 mrad/mCi), die Körperverweildauer mindestens 3 h.

Die Ansprechwahrscheinlichkeit eines Szintillationskristalles aus thalliumaktiviertem Natriumjodid (3" x 2") beträgt 85 %, und die Gewebelabwertschicht 8 cm (Otto u. Riehle 1970).

Sämtliche in dieser Arbeit vorgelegten, quantitativen Ergebnisse sind mit einem Uptake-Meßplatz erstellt worden (Nukleopan 2 der Fa. Siemens). Dieses Gerät hat zwei Szintillationssonden (eigtl. Uptake-Sonden mit 1,5") und einen Bohrlochkristall.

Die Uptake-Sonde mißt die Radioaktivitätsansammlung über einer Körperregion, die mit einem Bleikollimator fokussiert werden kann (siehe Abb. 3). In unserem Fall war der Kollimatordurchmesser 7 cm, was wegen der divergierenden Form einer Feldgröße von ca. 78,5 cm² in einem Abstand von 10 cm entspricht. Das sog. „Bohrloch“ mißt die Radioaktivität in einer in einem Reagenzglas befindlichen Flüssigkeit und ist durch starke Bleiummantelung vor Streustrahlenbeeinflussung geschützt.

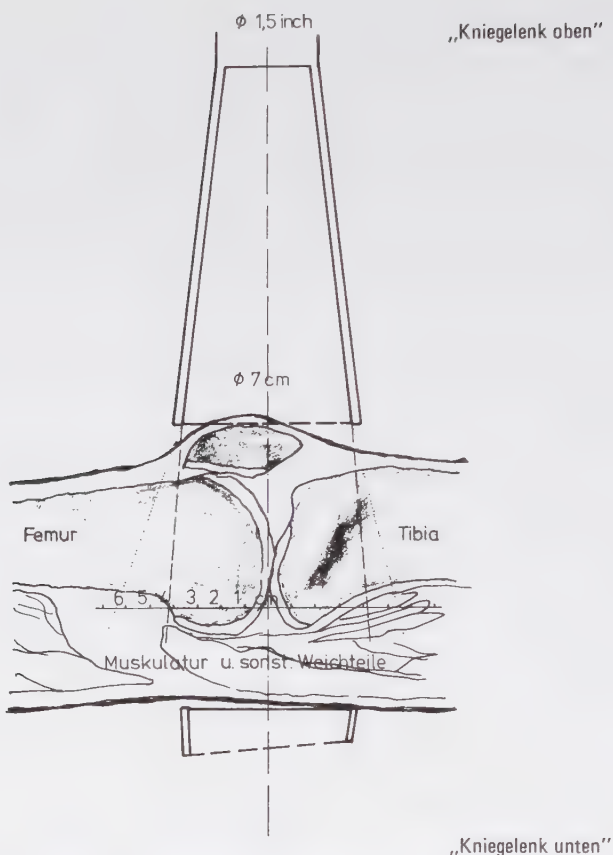


Abb. 3: Halbschematische Darstellung der Meßgeometrie bei Uptake-Messungen über Kniegelenken beim Aufsetzen der Sonde von oben. (Gestrichelt: Grenzen des Kollimatorkernschattens; gepunktet: Grenzen des Kollimatorhalbschattens)

Beide Meßeinrichtungen arbeiten mit thalliumaktivierten Natrium-Jodid-Kristallen, unterscheiden sich aber in den Abständen, die die Radioaktivitätsquellen von den Szintillationskristallen haben. Deshalb müssen Bohrloch und Aufnahmemesssonde durch einen Umrechnungsfaktor (in den bei unterschiedlichen Nukliden auch die Ansprechwahrscheinlichkeit – abhängig von der Energie der γ -Emission – eingehen muß) miteinander vergleichbar gemacht werden. Die einfallende γ -Strahlung wird dann über Verstärker und Impulshöhenanalysator digital als Zählrate pro Zeiteinheit ausgegeben.

Zur Darstellung der Radioaktivitätsverteilung (Szintigramm) kam sowohl ein 5"-Kristall-Scanner (Szintimat 2 der Fa. Siemens) als auch ein Doppelkopfscanner mit 8"-Kristallen der Fa. Ohio-Nuklear zur Anwendung. Die mit diesem Gerät mögliche Verkleinerung (1:2, 1:5) war für die Gelenkdarstellung nicht notwendig. Die Dokumentation erfolgte auf Röntgenfilm (Photoscan). Die Scanner wurden jeweils auf das Aktivitätsmaximum im Gelenkbereich kalibriert, und die Gelenke, soweit möglich, flach in Strecklage szintigraphiert. Die Aufnahmen erfolgten 60 Min – 120 Min p.i. und dienten im wesentlichen zur Orientierung über Herdbildungen und zur diagnostischen Abklärung.

4. METHODIK UND BEOBACHTUNGSGUT

Im Verlauf der noch jungen Geschichte der Nuklearmedizin stellt neben der rein optischen Sichtbarmachung einer Radionuklidanreicherung die Quantifizierung dieser Anreicherung einen wesentlichen Anteil der Forschungsbemühungen dar.

Dies ist prinzipiell in zwei Richtungen möglich:

- Bezug auf die injizierte Radioaktivität
- Bezug auf (z.B. körpereigene) „Normpunkte“

Die erstere Methode bedarf der Normierung (Volumen, Gewicht) und der zeitaufwendigen Parallelmessung und Verdünnung der injizierten Aktivität und bleibt experimentellen Messungen von Aktivitätskonzentrationen in genau definierten Compartements vorbehalten.

Für externe Messungen an Patienten hat sich die zweite als sicherste und rascheste erwiesen. Allerdings sind die Bezugspunkte Gegenstand der Diskussion. Voraussetzung für die Brauchbarkeit dieser Punkte ist, daß während der Meßzeit keine schnellen Änderungen des Radioaktivitätsgehaltes mehr stattfinden, und daß die Bezugsregionen von den zu erwartenden Meßgrößen nicht beeinflusst werden.

Dies gilt für ^{85}Sr z.B. für die Tibiamitte (Kolar 1971) sowie die Ferse (Frey u. Mit. 1968, 1971).

Einfachster körpereigener Bezugspunkt ist der gleiche Meßpunkt der kontralateralen Seite (Bauer u. Wendebog 1959). Dies ist aber gerade bei Gelenken stark umstritten da die kontralateralen Gelenke häufig ebenfalls betroffen sind oder doch nachweisbar mitreagieren (Kolar 1971). Um diesen Fehlern bei Gelenkuntersuchungen (insbesondere des Kniegelenks) zu entgehen, haben Büll u. Mit. (1973) für ^{87}mSr einen Quotienten (Q) aus den über dem Kniegelenk und der Tibiamitte gemessenen Impulsraten gebildet. Da diese Werte eine relativ große Streubreite im Normalkollektiv aufweisen, und ausgehend von der Überlegung, daß die Anreicherung einer osteotropen Substanz, z.B. in einem Gelenk, pro Zeiteinheit p.i. stets zunimmt, wurde daneben der Parameter „prozentuale Akkumulation“ eingeführt (Büll u. Mit. 1972).

Hierbei wurde die Zählrate nach 2 h p.i. durch Halbwertszeitkorrektur auf den Zeitpunkt der Injektion umgerechnet und gleich 100 % gesetzt. Alle zeitlich früheren Meßdaten ließen sich dann als Prozentsatz davon angeben, und damit der dynamische Vorgang der Radionuklidanreicherung ausdrücken.

Von der Überlegung ausgehend, daß die über z.B. einem Gelenk gemessene Zählrate eines osteotropen Radionuklids in den ersten Stunden nach der Injektion zahlenmäßig aus drei Kompartementanteilen stammt (Blut, Weichteil und Knochen) wurde von Büll (1974) die Subtraktionsmethode angegeben.

Wie vorab ausgeführt, erfahren in der Tat alle drei Kompartemente im Verlauf der Erkrankung, z.B. einer Arthrose, Veränderungen, die z.T. krankheitsspezifisch und differentialdiagnostisch von Bedeutung sind. Methodisch wird dabei so vorgegangen, daß nach Injektion eines Radionuklids, das nur den Blutpool markiert, (z.B. ^{113}mIn), eine Radioaktivitätsmessung über einem Gelenk durchgeführt wird, und eine konstante Menge Blut (z.B. 5 ml) i.v. entnommen wird. Die Aktivitätsmenge dieser Blutprobe wird bestimmt und in Relation zur Zählrate über dem Gelenk gebracht. Wir haben somit einen Wert, der eine relative Größe des Blutpools über dem Meßpunkt ergibt:

$$(1) \quad \text{Gelenksblutpool} \quad (K) = \frac{\text{Zählrate}_{\text{Gelenk}} \quad (\text{Blutpoolmarkierung})}{\text{Zählrate}_{\text{Blut}} \quad (\text{Blutpoolmarkierung})} \quad \%$$

Nachdem die Gesamtzählrate einer i.v. injizierten, radioaktiven Substanz, die nicht intravasal verbleibt und bis zur Meßzeit ihr Zielkompartement nicht voll erreicht, sich vereinbarungsgemäß aus der Radioaktivitätsmenge der Teilkompartemente addiert, ergibt sich:

(2)

$$\text{Gesamtzählrate}_{\text{Gelenk}} = \text{Aktivität}_{\text{Weichteil}} + \text{Aktivität}_{\text{Knochen}} + \text{Aktivität}_{\text{Blut}}$$

durch Umstellung:

(3)

$$\text{Aktivität}_{\text{Weichteil+Knochen}} = \text{Gesamtzählrate}_{\text{Gelenk}} - \text{Aktivität}_{\text{Blut}}$$

Da uns aber die relative Blutpoolmenge des Gelenkes (1) bekannt ist, ist nach Messung der Zählrate einer Blutprobe der Anteil der Blutradoaktivität an der Gesamtzählrate zu erschließen, und somit die Aktivität im Weichteil- und Knochenpool festzustellen:

(4)

$$\text{Aktivität}_{\text{Weichteil+Knochen}} = \text{Gesamtzählrate}_{\text{Gelenk}} - K \times \text{Zählrate}_{\text{Blut}}$$

wobei die (Gesamt-) Zählrate Gelenk mit der Uptake-Sonde gemessen wird, Zählrate Blut mit dem Bohrlochkristall, die Begriffe „Aktivität“ Rechengrößen sind, und alles auf eine gleiche Meßzeit (t) bezogen wird. Um der Aufgabenstellung dieser Arbeit gerecht zu werden, die Brauchbarkeit von ^{99m}Tc -Pyrophosphat in der Diagnostik (einschl. der Therapiekontrolle) von Gonarthrosen zu prüfen, war es notwendig, das gesamte Spektrum der bisherigen diagnostischen Hilfsmittel auszunutzen und diese Ergebnisse dann mit den gewonnenen Werten zu vergleichen.

Deshalb wurden in Zusammenarbeit mit der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität München die Patienten klinisch so exakt wie möglich voruntersucht. Zur Kontrolle wurden auf dem schematisierten Untersuchungsblatt (s. Anhang) noch eine krankheitsspezifische Kurzanamnese sowie Klinik und Therapie aufgenommen. Diese Angaben waren insbesondere für die Vergleichsuntersuchungen nach Therapie von Bedeutung.

Von jedem Patienten wurde 60 Min. p.i. ein Szintigramm der Kniegelenke angefertigt.

Daneben wurde unter gleicher klinisch-radiologischer Kontrolle ein Normalkollektiv untersucht.

Der Untersuchungsablauf begann 5 Minuten nach der korrekten intravenösen Injektion des markierten Pyrophosphats. Gemessen wurde jeweils über eine Minute, und zwar an den Meßpunkten und in der Reihenfolge: Rechtes Kniegelenk von oben, rechte Tibiamitte, linkes Kniegelenk von oben, linke Tibiamitte, linkes Kniegelenk von unten, rechtes Kniegelenk von unten. Insgesamt war das eine Meßzeit von 6 Minuten. Nach 5 Minuten wurden intravenös 5 ml Blut entnommen.

Diese Messung wurde nach 20 Minuten, 60 Minuten (ohne Blutentnahme) und 120 Minuten wiederholt.

Nach Beendigung der Technetium-Messungen wurde $^{113m}\text{Indium}$ injiziert und 5 Min. p.i. wie oben gemessen, sowie nach 5 Minuten Blut entnommen und die Aktivität im Bohrloch bestimmt. Die Auswertung erfolgte nach der „Subtraktionsmethode“ (s.o.).

Nach Einsetzen der verwendeten Radiopharmaka und dem Zeitbezug ergibt sich dafür folgende Formel:

$$\frac{Z_{\text{Tc-Gelenk}} \cdot t \cdot x}{0,5 \cdot Z_{\text{Tc-Blut}} \cdot t \cdot x} - \frac{Z_{\text{In-Gelenk}}}{Z_{\text{In-Blut}}} \times \frac{„Z“_{\text{Tc Weichteil + Knochen}} \cdot t \cdot x}{0,5 \cdot Z_{\text{Tc-Blut}} \cdot t \cdot x}$$

$Z = \text{Zählrate}$

wobei der Faktor 0,5 im Nenner aus der um den Faktor 2 größeren Ansprechwahrscheinlichkeit des NaJ—(TI)—Kristalls unserer Meßeinrichtung für die Energie der Strahlung von ^{99m}Tc gegenüber ^{113m}In resultiert. Um den dynamischen Prozeß der Radionuklidanreicherung wiederzugeben, wurden alle Ergebnisse noch auf eine Bezugszeit (um mit vorhandenen Versuchen vergleichen zu können wurde 20 Min. p.i. gewählt) umgerechnet (= normiert) und dann die Differenzen (Δ) berechnet. Es ergeben sich demnach drei Parameter zur Bestimmung der relativen Weichteil- und Knochenpoolinhalte, sowie drei Parameter zur Bestimmung der Kinetik:

$$\begin{aligned} \text{WT} + \text{KN}_{t_0} &\hat{=} \text{Messung nach 5 Min. p.i. (} t_0 \text{)} \hat{=} \text{WK 01} \\ \text{WT} + \text{KN}_{t_1} &\hat{=} \text{Messung nach 20 Min. p.i. (} t_1 \text{)} \hat{=} \text{WK 11} \\ \text{WT} + \text{KN}_{t_2} &\hat{=} \text{Messung nach 120 Min. p.i. (} t_2 \text{)} \hat{=} \text{WK 21} \\ \\ \Delta \text{ WK 21} - \text{WK 11} &\hat{=} \text{Differenz des Tc-Anteils im} \hat{=} \text{D 21} \\ \Delta \text{ WK 01} - \text{WK 11} &\hat{=} \text{Weichteil + Knochenpool zur Zeit} \hat{=} \text{D 01} \\ \Delta \text{ WK 21} - \text{WK 01} &\hat{=} t_0 + t_2 \text{ bezogen auf } t_1 \hat{=} \text{D 20} \end{aligned}$$

Für den relativen Blutpoolinhalt wurde der Wert GBI ausgewählt, dem die einfache Berechnung

$$\frac{^{113m}\text{In-Gelenk}}{^{113m}\text{In-Blut}} \text{ zugrunde liegt, und der auf Grund der Normierung auf } t_1 \text{ der Zeit 20 Min. p.i. zugeordnet ist (WK 11} \hat{=} \text{GBI).}$$

Da der verwendete Uptake-Meßplatz keinen elektronischen Datenspeicher besitzt und auch nicht mit einer Rechenanlage gekoppelt werden konnte, war es nötig, die Versuchsdaten (Zählraten und Meßzeiten) so zu behandeln, daß sie ohne Schwierigkeiten in einem Computer eingelesen werden konnten. Wir entschieden uns für die Dateneingabe in Form von Lochkarten, die aus organisatorischen Gründen mehrfarbig sortiert wurden (rot = freies Kennzeichen, grün = Zählraten, blau = Meßzeiten). Für die Zählraten wurde für jede Meßzeit (sowie Indium) eine eigene Karte angelegt, um auch eine größere Anzahl von Meßpunkten berechnen zu können. Auf eine Formatierung der Daten konnte verzichtet werden, was wegen der stark unterschiedlichen Stellenzahl ($10^2 - 10^5$) eine wesentliche Vereinfachung der computergerechten Aufbereitung der Meßdaten bedeutete. Neben der Eingabe über Lochkarten wurden für die vergleichenden Untersuchungen noch mit Hilfe eines Unterprogramms die Daten auf Magnetband gespeichert und abgerufen.

Die Ergebnisausgabe mußte so gestaltet werden, daß sie der doppelten Aufgabenstellung, Diagnose und Verlauf zu zeigen, gerecht wurde. Deshalb wurden drei verschiedene Ergebnisausdrücke gewählt:

1. Patientenspezifischer Diagnoseausdruck (Beispiel s. Anhang).
Er enthält neben Namen, Identifikationszahl, Geburtsdatum, Untersuchungsdatum, Diagnose und verwendetem Nuklid noch die Originalmeßdaten.
2. Patientenspezifisches Vergleichsergebnis (Beispiel s. Anhang).
Auch hier sind alle Identifikationsangaben enthalten, zudem die Einzelergebnisse und die Differenzen.
3. Tabellarischer Ausdruck für Statistik.
Er enthält nur noch Kennziffern und ermöglicht Zuordnungen (z.B. Stadien, Alter, Geschlecht), wobei die Auswahl wegen der geringen Größe der Kollektive aber durch Lochkartensortierung von Hand erfolgte.

Kern des Programms — für alle drei obengenannten Erfordernisse gleich — war der Block des eigentlichen Berechnungsvorgangs, der sich wie folgt aufgliedert:

1. Physikalische Halbwertszeitkorrektur (= Blutrate zur Entnahmezeit) :

$$BLE [0, 1, 2] = 0,5 \cdot BLM [0, 1, 2] \cdot e^{\frac{0,6931 \cdot \Delta t [0, 1, 2]}{HWZ_{Tc}}} \quad BLE (J) \quad J = 0,3$$

$$BLE [I_n] = BLM [I_n] \cdot e^{\frac{0,6931 \cdot \Delta t [I_n]}{HWZ_{I_n}}} \quad BLE (4)$$

$$(\Delta t [0, 1, 2], [I_n] = t_E - t_M)$$

2. Impulsratenquotient:

$$GB [K] = 100 \cdot \frac{IMP [K]}{BLE [K]} \quad K = 0,3 \quad GB (0, 1, 2) \quad GB1$$

3. Tc-Anteil im Weichteil-Knochenpool z.Zt. t_1

$$WT + KN_{t_1}^{t_1} = GB [1] - GB [3] \quad WK 11$$

4. a) Halbwertszeitkorrektur Tc von t_2 nach t_1

$$HWZ_{t_2 \rightarrow t_1} = GB [2] \cdot \frac{BLE [2]}{BLE [1]} \cdot 1,25 \quad \text{nicht ausgedruckt}$$

b) Halbwertszeitkorrektur I_n von t_2 nach t_1

$$(HWZ) I_n (\text{korr.}) t_2 \rightarrow t_1 = GB [3] \cdot \frac{BLE [2]}{BLE [1]} \quad IK 21$$

c) Tc-Anteil im Weichteil-Knochenpool z.Zt. $t_2 \rightarrow t_1$

$$WT + KN_{t_2}^{t_1} = HWZ_{t_2 \rightarrow t_1} - I_n \text{ korr } t_2 \rightarrow t_1 \quad WK 21$$

d) Differenz Tc-Anteil WT + KN-Pool $t_2 - t_1$

$$\Delta_{WT + KN_{t_2 - t_1}} = WT + KN_{t_2}^{t_1} - WT + KN_{t_1}^{t_1} \quad D 21$$

5. a) Halbwertszeitkorrektur Tc von t_0 nach t_1

$$HWZ_{t_0 \rightarrow t_1} = GB [0] \cdot \frac{BLE [0]}{BLE [1]} \quad \text{nicht ausgedruckt}$$

b) Halbwertszeitkorrektur I_n von t_0 nach t_1

$$(HWZ) I_n (\text{korr.}) t_0 \rightarrow t_1 = GB [3] \cdot \frac{BLE [0]}{BLE [1]} \quad IK 01$$

c) Tc-Anteil im Weichteil-Knochenpool z.Zt. $t_0 \rightarrow t_1$

$$WT + KN_{t_0}^{t_1} = HWZ_{t_0 \rightarrow t_1} - I_n \text{ korr } t_0 \rightarrow t_1 \quad WK 01$$

d) Differenz Tc-Anteil WT + KN-Pool $t_0 - t_1$

$$\Delta WT + KN_{t_0 \rightarrow t_1} = EZ + KN_{t_0}^{t_1} - WT + KN_{t_1}^{t_1} \quad D 01$$

6. Prozentualer Blutanteil bezogen auf die Impulsrate

Meßpunkt:

$$\% t [0, 1, 2] = \frac{GB [3]}{GB [0, 1, 2]} \cdot 100 \quad P (0, 1, 2)$$

D. Differenz Tc-Anteil WT + KN-Pool $t_2 - t_0$

$$\Delta WT + KN_{t_2 - t_0} = WT + KN_{t_2}^{t_1} - WT + KN_{t_0}^{t_1} \quad D 20$$

7. Differenz In-Anteil = Blutpool t_2 $\Delta B_{t_2 - t_1} = \ln \text{ korr } t_2 \rightarrow t_1 - GB$ DB 01

8. Differenz In-Anteil Blutpool $t_2 - t_1$ DB 20

$$\Delta B_{t_2 - t_0} = \ln \text{ korr } t_2 \rightarrow t_1 - \ln \text{ korr } t_0 - t_1$$

9. Differenz In-Anteil Blutpool $t_0 - t_1$

$$\Delta B_{t_0 - t_1} = \ln \text{ korr } t_0 \rightarrow t_1 - GB [3] \quad DB 01$$

Um die Ergebnisse auch mit in der Literatur vorhandenen Resultaten vergleichen zu können, wurden noch die Werte der „Prozentualen Akkumulation“ (s.o.) und „Q“ in die Berechnung mit aufgenommen.

10. a) Gesamte prozentuale Akkumulation Tc

$$\% \text{ Akk (ges) } t_0 \rightarrow t_2 = \frac{IMP [0]}{IMP [2] \cdot 1,25} \cdot 100 \quad GA 02$$

b) Gesamte prozentuale Akkumulation Tc von $t_1 \rightarrow t_2$

$$\% \text{ Akk (ges) } t_1 \rightarrow t_2 = \frac{IMP [1] \cdot 1,03}{IMP [2] \cdot 1,25} \cdot 100 \quad GA 12$$

11. a) Prozentuale Akkumulation des Weichteil-Knochenpools Tc

$$\% \text{ Akk } WT + KN_{t_0 \rightarrow t_2} = \frac{WT + KN_{t_0}^{t_1}}{WT + KN_{t_2}^{t_1}} \cdot 100 \quad WA 02$$

b) Prozentuale Akkumulation des Weichteil-Knochenpools Tc

$$\% \text{ Akk } WT + KN_{t_1 \rightarrow t_2} = \frac{WT + KN_{t_1}^{t_1}}{WT + KN_{t_2}^{t_1}} \cdot 100 \quad WA 12$$

c) Prozentuale Akkumulation des Weichteil-Knochenpools Tc

$$\% \text{ Akk } WT + KN_{t_0 \rightarrow t_1} = \frac{WT + KN_{t_1}^{t_0}}{WT + KN_{t_1}^{t_1}} \cdot 100 \quad WA 01$$

Klinik				Röntgen					Klinik				Röntgen				
Nr.	„0“	„+“	„A“	0	I	II	III	IV	Nr.	„0“	„+“	„A“	0	I	II	III	IV
A 01		•	•					•	A 23	•		•		•		•	
02		•				•			24		•	•		•		•	
03		•						•	25		•	•					•
04		•		•					26	•	•		•				
05	•			•			•		27		•	•				•	
06		•			•			•	28	•	•			•			
07	•	•					•		29		•			•			
08	•			•					31	•	•			•			
09	•			•							•						•
10		•		•					S 200	(V.a. Knocheninfarkt re.)							
11		•	•		•	•			400	(Diagnose unsicher)							
13		•	•			•			500	(Meniskuslasion rechts)							
14		•	•			•			700	(Kniegelenkserguß)							
15	•		•		•				800	(- " -)							
16	•	•				•			0001	(Arthrose Grad?)							
17	•	•			•				0002	da keine Röntgenbilder							
18	•	•		•	•				0003	(- " -)							
19		•	•					•									
20	•		•														
21	•				•		•										

Abb. 4: Zuordnung der einzelnen Patienten zu ihrer Röntgen- bzw. Klinik-Stadien
(laufende Numerierung entspricht den Kennzahlen des Tabellariums)

12. Quotient (erkranktes) Gelenk durch $\leq$ (gesunde) Tibiamitten/2.

$$Q [0,3] = \frac{\text{Imp} [1 \dots 4; 0,3] \cdot 2}{\text{Imp} [5; 0,3] + \text{Imp} [6; 0,3]}$$

Das Programm wurde in Fortran IV abgefaßt.

Besondere Sorgfalt wurde auf ein klares Bild der Ergebnisausdrucke verwendet.

Für die drei genannten Erfordernisse waren drei Programme nötig, die sich bis auf ihre speziellen Erfordernisse ähnelten. Hier wurde das „Statistik“-Programm aufgenommen, das neben den abgedruckten Tabellen unter „S“ den Mittelwert, die Streuung S und 2 S, den mittleren Standardfehler S_x und die Summe aller x^2 ausdrückt.

Dieses Programm ist im Anhang beigefügt.

In oben beschriebener Weise wurden 18 freiwillige Probanden im Alter von 25 bis 67 Jahren untersucht, und die gewonnenen Ergebnisse als Normalwerte zusammengefaßt.

Im Rahmen der Anwendung der beschriebenen Methode wurden 37 Patienten (74 Kniegelenke) untersucht, deren Einzel-Ergebnisse in den Tabellen 4–6 im Tabellenanhang aufgeführt sind. Davon waren 28 Fälle sicher diagnostizierte Gonarthrosen. Die Alters- und Geschlechtsverteilung sah dabei wie folgt aus:

10 Patienten	18 Patientinnen	davon waren:
Alter		Anzahl
jünger als 45		1
45 – 50		2
50 – 55		4
55 – 60		4
60 – 65		3
65 – 70		3
älter als 70		11

Die Gonarthrosen teilten sich wie in Abb. 4 dargestellt auf die von Stender und Mit. (1974) formulierten Röntgenstadien und die klinischen Stadien (siehe auch Abb. 2 auf S. 5).

Bei 19 Patienten, bei denen eine analgetische Bestrahlung ihrer erkrankten Kniegelenke ($n = 26$) mit ^{60}Co vorgenommen wurde (600 rad Maximaldosis bei 200 rad MD/Woche), wurde unmittelbar im Anschluß an die Radiotherapie, sowie 8 Wochen nach Bestrahlungsende, die gesamte Untersuchung wiederholt (s. a. Abb. 11). Es handelte sich hierbei klinisch um drei Gelenke, die trotz praktischer Beschwerdefreiheit mitbestrahlt wurden, zwölf Gelenke, die Anlauf-, Ermüdungs- und Belastungsschmerzen (= Klinik „+“), sowie elf Gelenke, die Ruhebeschwerden (= Klinik „A“) zeigten. Bei sieben Patienten wurden beide Gelenke bestrahlt. In allen Fällen war die Indikation zur Telegamma-Bestrahlung dadurch gegeben, daß die vorher durchgeführten therapeutischen Maßnahmen keine Besserung der Beschwerden bewirkten.

Die Indikationsstellung war durch uns unbeeinflusst.

5. ERGEBNISSE DER QUANTIFIZIERENDEN UND SZINTIGRAPHISCHEN UNTERSUCHUNGEN MIT $^{99m}\text{Tc-PYP}$ UND $^{113m}\text{INDIUM}$ BEI ARTHROSE DES KnieGELENKS

5.1. Erstellung der Normalwerte mit der „Subtraktionsmethode

Die Ergebnisse finden sich in den Tabellen 1 – 3 des Tabellenanhangs.

Es fand sich ein Anstieg des $^{99m}\text{Tc-PyP}$ -Gehaltes über die gesamte Meßzeit im Weichteil- und Knochenpool des Kniegelenks, wenn die Meßsonde von oben aufgesetzt wurde („Kniegelenk oben“). Am Kniegelenk von unten her gemessen („Kniegelenk unten“) fand sich bis 5 Min. p.i. ein rascherer Anstieg der Aktivität mit deutlich höherem relativen Gehalt an ^{99m}Tc Technetium Pyrophosphat, der dann im Verhältnis zum „Kniegelenk oben“ geringer anstieg, nach ca. 55 Min. ausgeglichen war und zur Meßzeit t_2 (= 120 Min. p.i.) deutlich unter dem des „Kniegelenks oben“ lag. (siehe 5.2.3., Abb. 7 auf S. 20). Die Mittelwerte des relativen Inhalts des Weichteil- und Knochenpools in den Kniegelenken von oben gemessen zu den drei Meßzeiten, vergrößert durch die Addition von 2 s, stellen die Normalwerte dar, deren Überschreitung als pathologisch gewertet wurde.

Im Blutpool ergab sich entsprechend der Kinetik von $^{99m}\text{Tc-Pyrophosphat}$ ein Abfall der Blutradoaktivität von (theoretisch) 100 % auf 41,68 % (5 Min. p.i.), 23 % (20 Min. p.i.) und 10,03 % (120 Min. p.i.), was den Werten IK 01, GBI und IK 21 entspricht.

Im Bereich der Unterschenkelmitten war dieser prozentuale Blutpoolanteil 5 Min. p.i. kleiner (30,47 %), 20 Min. p.i. in etwa gleich (23,3 % und 120 Min. p.i. größer (17,28 %) als beim gesunden Kniegelenk.

Da sich der Inhalt des Weichteil- und Knochenpools gegensinnig verhält, ergaben sich 5 Min. p.i. größere, 20 Min. p.i. in etwa gleiche und 120 Min. p.i. kleinere Werte als über dem gesunden Kniegelenken; was insgesamt einem kontinuierlichen Abfall von $^{99m}\text{Tc-Pyrophosphat}$ über der Tibia entspricht.

Der Blutpoolgehalt zeigte sowohl über den Kniegelenken, wie über der Tibiamitte einen kontinuierlichen Abfall und verhielt sich damit über allen Meßpunkten gleichsinnig. (5.2.3. Abb. 7 und 9 auf S. 20 u. 22)

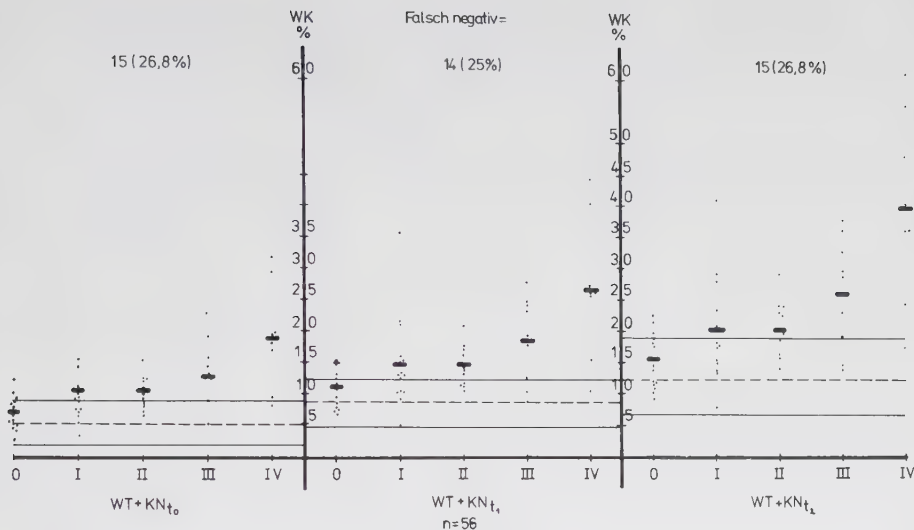
5.2. Anwendung in der Diagnostik der Gonarthrose

5.2.1. Korrelation mit röntgenologischen Veränderungen

Hier fanden sich 14 Gelenke mit dem Stadium 0 (keine röntgenologisch sichtbaren Veränderungen), 14 im Stadium I (geringe Gelenkspaltverschmälerung mit/oder ohne kleine Randbetonungen), 11 im Stadium II (deutliche Randwulstbildung mit/oder ohne Gelenkspaltverschmälerung), 9 im Stadium III (Gelenkspaltverschmälerung, deutliche Randwulstbildung, zusätzlich subartikuläre Cystenbildung und Sklerosierungen), 8 im Stadium IV (schwere deformierende Veränderungen mit ausgedehnten Sklerosen, großen Cysten und extrem schmalen Gelenkspalt). Abb. 5 zeigt den Vergleich der Inhalte des Weichteil-/und Knochenpools zu den drei Meßzeiten mit den Röntgenstadien, sowie d's statistische Berechnung. Es fanden sich mit der Schwere der Röntgenveränderungen zunehmende Mittelwerte der $^{99m}\text{Tc-PyP}$ -Speicherung, wobei sich die Mittelwerte der Stadien 0, I und II, III, IV, von den Normalwerten z.T. signifikant unterschieden. Die Mittelwerte des Stadiums I u. II waren untereinander nicht, aber vom Stadium 0 bzw. III signifikant zu unterscheiden. Dies gilt für alle drei Meßzeiten. Falsch negativ waren insgesamt 14 Werte ($\approx 25\%$).

5.2.2. Korrelation mit klinischen Befunden

Wurden die untersuchten Kniegelenke klinischen Stadien zugeordnet, so umfaßte das Stadium 0 (keine Beschwerden) 16 Gelenke, das Stadium „+“ (Anlauf-, Ermüdungs- und Belastungsschmerzen) 27 Gelenke, und das Stadium „A“ (Ruheschmerzen bis zum Funktionsausfall des Gelenkes) 13 Gelenke. Abb. 6 zeigt hier den Vergleich und die statistische Berechnung der Inhalte des Weichteil- und Knochenpools.



STATISTISCHE BERECHNUNG

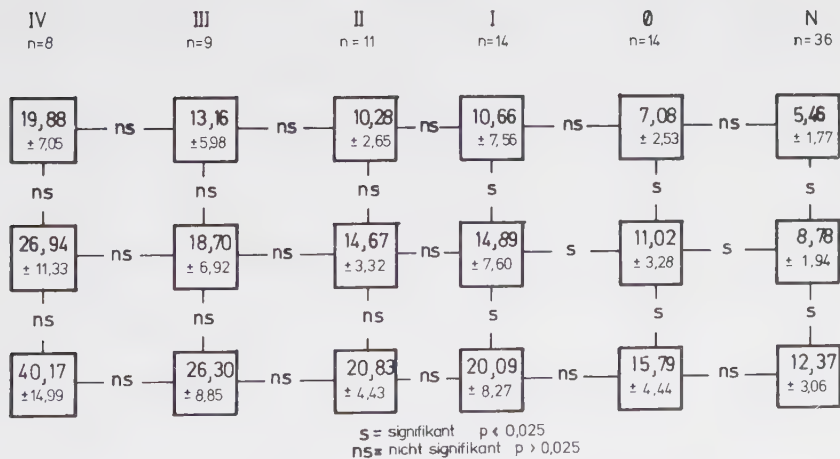
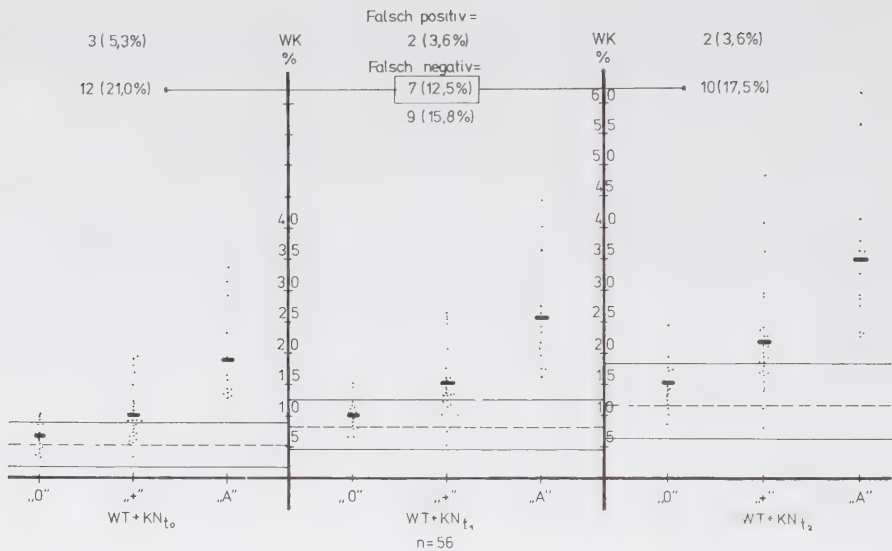


Abb. 5: Relativer ^{99m}Tc -PyP-Inhalt im Weichteil-, Knochen-Pool zu den drei Meßzeiten p.i. bei Gonarthrosen in Abhängigkeit der Röntgenstadien; verglichen mit den Normalwerten (-----). Statistische Berechnung t-Test für ungep. Daten nach Student.



STATISTISCHE BERECHNUNG
(t-Test f ungep. Daten n. Student)

	„A“ n=13	„+“ n=27	„0“ n=16	N n=36
WK 01	19,27 ± 7,72	10,09 ± 4,36	6,48 ± 2,02	5,40 ± 1,77
WK 11	25,88 ± 9,07	15,03 ± 5,57	10,36 ± 2,51	8,78 ± 1,94
WK 21	35,14 ± 12,07	21,88 ± 8,73	15,12 ± 3,90	12,37 ± 3,06

S= signifikant p < 0,025
NS= nicht signifikant p > 0,025

Abb. 6: Relativer ^{99m}Tc-PyP-Inhalt im Weichteil-, Knochen-Pool zu den drei Meßzeiten p.i. bei Gonarthrosen in Abhängigkeit von den klinischen Stadien. (Grenzen des Normalkollektivs = — — — —). Stat. Berechnung t-Test für ungepaarte Daten nach Student.

Bei den aktivierten Arthrosen ergaben sich keine falschnegativen Werte. Bei Gonarthrosen mit Belastungsschmerz fanden sich 5 Min. p.i. = 12; 20 Min. p.i. = 9; 120 Min. p.i. = 10 falsch-negative Werte. Die beschwerdefreien Gelenke wiesen 3, 2 und 2 falsch-positive Werte auf. Betrachtet man aber die gewonnenen Werte insgesamt, so ergeben sich nur 7 falsch-negative Werte und 2 falsch-positive, was 12,5 % bzw. 3,6 % Falschaussagen entspricht.

Die aktivierten Arthrosen unterscheiden sich in ihren Mittelwerten zu den drei Meßzeiten signifikant von denen der Gonarthrosen mit Belastungsschmerz, diese wiederum von den beschwerdefreien Kniegelenken. Im Überblick (Abb. 6 S. 18) zeigt sich ein Anstieg der Mittelwerte mit den Meßzeiten und mit der Zunahme der klinischen Beschwerden.

Die beschwerdefreien Kniegelenke zeigen zwar einen höheren Mittelwert als das Normalkollektiv, unterscheiden sich aber nicht signifikant.

5.2.3. Zusammenfassende Darstellung der Kinetik und des rel. Inhalts von $^{99m}\text{Tc-PyP}$ im Weichteil- und Knochenpool sowie dem Blutpool der untersuchten Kniegelenke

Wie unter 4. angegeben, wurden, um den dynamischen Prozeß der Radionuklidanreicherung auch rechnerisch zu erfassen, mit $D01 (\Delta \text{WT} + \text{KN}_{t_0 - t_1})$, $D21 (\Delta \text{WT} + \text{KN}_{t_2 - t_1})$ und $D20 (\Delta \text{WT} + \text{KN}_{t_2 - t_0})$ drei Parameter eingeführt, mit denen Aussagen über die Pyrophosphatkinetik im rel. Weichteil- und Knochenpool gemacht werden können. Wobei aber als Ausgangspunkt der Meßwert zur Zeit t_0 ($= 5$ Min. p.i.) herangezogen wurde, und nicht der Injektionszeitpunkt (Meßwert = 0). Dieser „Startvorgang“ läßt sich aber anhand der Darstellungen graphisch dokumentieren, wobei die Steigung der Kurve durch WK 01 repräsentiert wird. Hierbei zeigt sich, daß vom Injektionszeitpunkt bis zur Meßzeit 5 Min. p.i. beim von oben gemessenen Kniegelenk („Kniegelenk oben“) mit der Schwere der klinischen Veränderungen konstant zunimmt, bis sie bei der aktivierten Arthrose (Klinik „A“) um fast das vierfache des Normalwertes erhöht ist. Das von unten gemessene Kniegelenk („Kniegelenk unten“) zeigt hier beim Normalwert und den beschwerdefreien Kniegelenken einen signifikant größeren relativen Inhalt des Weichteil- und Knochenpools, was einen größeren initialen Anstieg der $^{99m}\text{Tc-Pyrophosphat-Aktivität}$ bedeutet, der sich dann bei den aktivierten Arthrosen annähernd mit dem der am Kniegelenk von oben gemessenen Wert deckt. Ein ähnliches Verhalten (rascher und hoher initialer Anstieg) zeigt sich bei den Messungen über der Tibiamitte.

Diesen Beobachtungen (konstanter Anstieg mit Schwere der klinischen Befunde) entspricht das Verhalten in der Zeit 20 Min. p.i. – 120 Min. p.i. ($\approx D01$), wobei letztere Steigerung aber zwischen Normalkollektiv und beschwerdefreien Kniegelenken annähernd gleich war.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die beiden Kurven „Kniegelenk oben“ und „Kniegelenk unten“ ein unterschiedliches Verhalten in der Kinetik von $^{99m}\text{Tc-Pyrophosphat}$ zeigen. (s. Abb. 8, S. 20/21).

- „Kniegelenk oben“ zeigt in allen Stadien eine kontinuierliche Zunahme der Aktivität von $^{99m}\text{Tc-PyP}$, die mit der Schwere der klinischen Befunde bis auf das 4-fache ansteigt.
- „Kniegelenk unten“ zeigt einen im Vergleich zum „Kniegelenk oben“ höheren initialen Anstieg bei den beschwerdefreien Kniegelenken und den Gonarthrosen mit Belastungsschmerz und eine Gesamtsteigerung rel. Inhalts von $^{99m}\text{Tc-PyP}$ im Weichteil-Knochen-Pool bei den aktivierten Arthrosen nur um das 3-fache der Normalwerte.

Eine deutliche Beschleunigung der initialen Radionuklidanreicherung von $^{99m}\text{TcPyP}$ im Weichteil-Knochenpool mit der Schwere der klinischen Befunde zeigt sich, wenn die Meßsonde am Kniegelenk von oben aufgesetzt wird („Kniegelenk oben“). Das dokumentiert sich in der Verlagerung der Schnittpunkte der Kurven von „Kniegelenk oben“ mit „Kniegelenk unten“, die beim Normalkollektiv bei 50 Min. p.i. liegt, und bei den aktivierten Arthrosen bereits bei < 5 Min. p.i. zu finden ist. (Abb. 8)

Die Darstellung der Kinetik von $^{99m}\text{Tc-Pyrophosphat}$ im Bereich der Unterschenkelmitte soll aufzeigen, in wie weit Veränderungen im Bereich der Kniegelenke gleichsinnig auch in der nur aus Muskulatur, Sehnen und Kompakta bestehenden Tibiamitte auftreten. (Abb. 9)

Dazu wurden die über die Tibiamitte gemessenen Werte ebenso geordnet wie die der Kniegelenke. Im Vergleich zum Normalkollektiv („Norm“) ergaben sich eine signifikanten ($p > 0,20$) Unterschiede zu den beschwerdefreien Kniegelenken (Klinik „0“); ebenso zwischen den Gonarthrosen mit Belastungsschmerz (Klinik „+“) und den aktivierten Arthrosen (Klinik „A“). Insgesamt war zwischen „Norm“ und Klinik „0“ sowie zwischen Klinik „+“ und Klinik „A“ eine Vergrößerung der Pool-Inhalte zu beobachten.

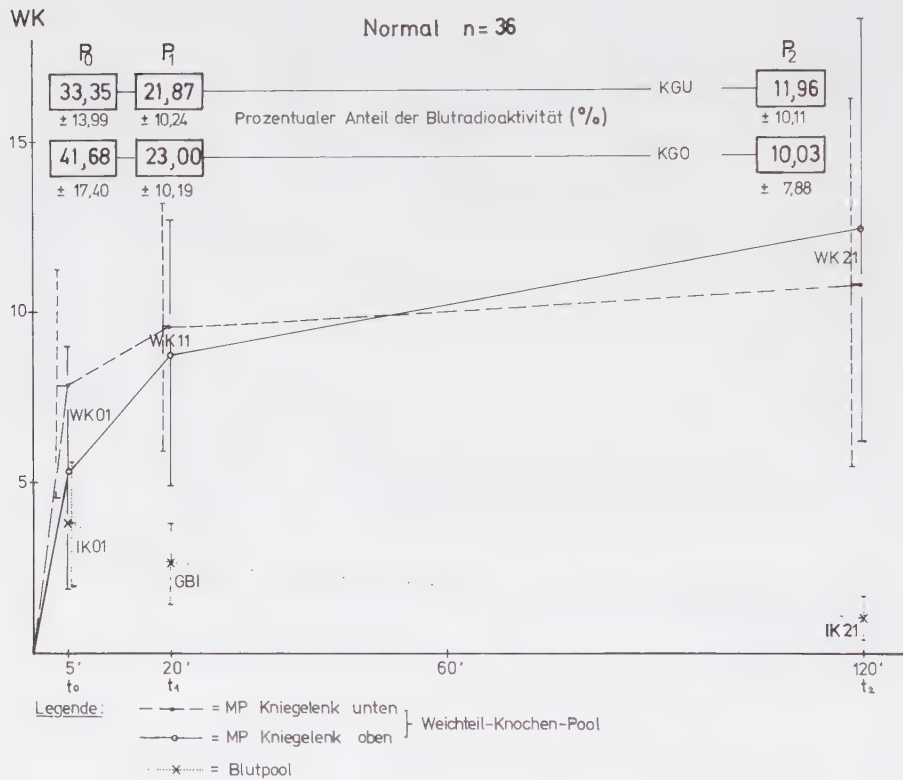


Abb. 7: Kinetik und relativer Inhalt von ^{99m}Tc-PyP im Weichteil-Knochen-Pool und dem Blutpool gesunder Kniegelenke; sowie der prozentuale Anteil der Blutradoaktivität an der Gesamtradioaktivität.

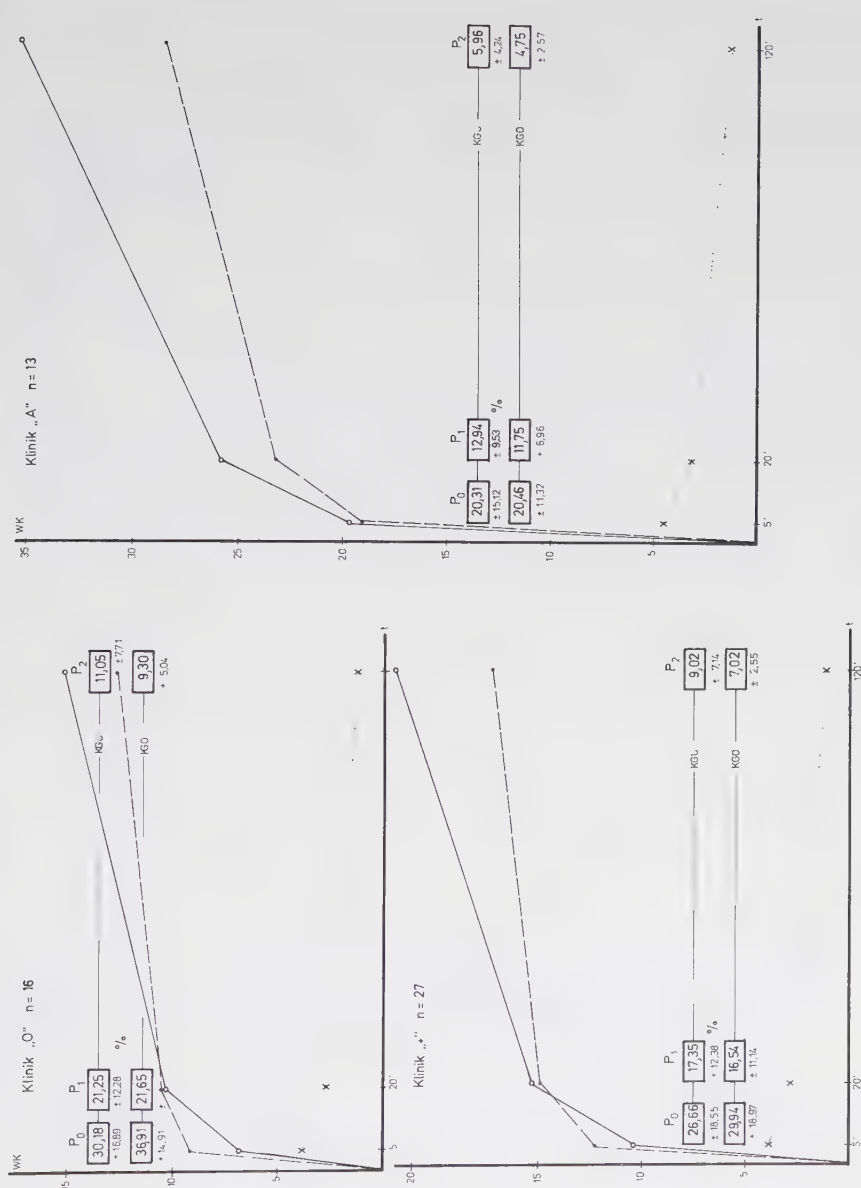


Abb. 8: Kinetik und relativer Inhalt von ^{99m}Tc -Pyp im Weichteil-Knochen-Pool von Gonarthrosen bezogen auf ihre klinischen Stadien; sowie der prozentuale Anteil der Blutradoaktivität an der Gesamtradioaktivität. Erläuterungen siehe Abb. 7!

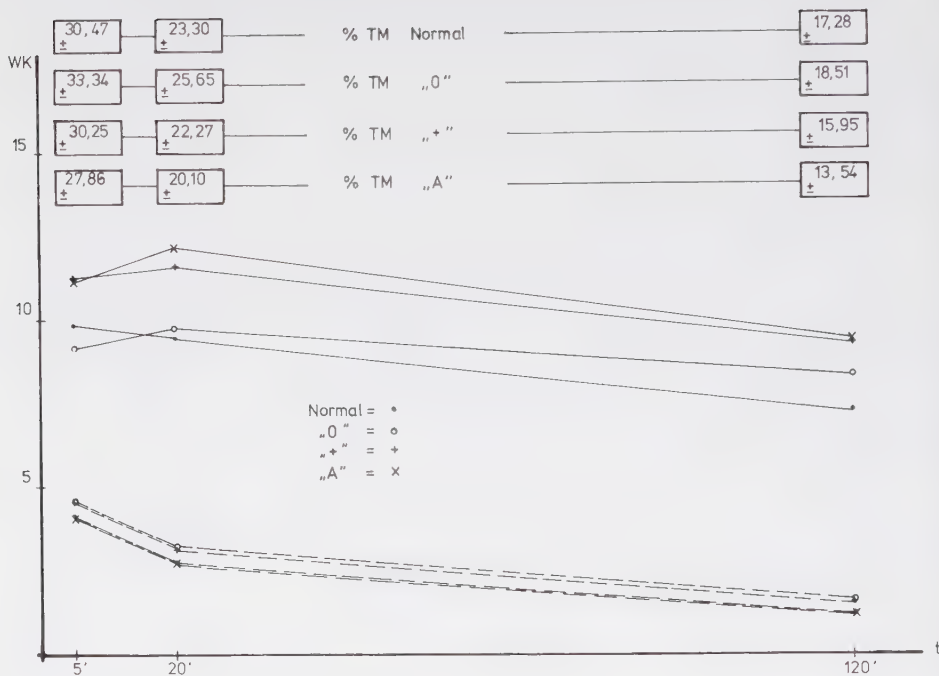


Abb. 9: Kinetik und relativer Inhalt von ^{99m}Tc -PyP im Weichteil-Knochen-Pool (—) und dem Blutpool (---) über den Unterschenkelmitten bei gesunden und arthrotisch veränderten Kniegelenken (beschwerdefrei = „0“; Belastungsschmerz = „+“; Ruheschmerz = „A“); sowie der prozentuale Anteil der Blutradioaktivität an der Gesamtradioaktivität (% TM).

Daher wird die Bedeutung von Einzelgelenksparametern, wie hier verwendet, deutlich, da ein Bezug der Gelenkradioaktivität auf die Aktivität im Bereich der Unterschenkelmitte nur weniger genaue Aussagen ermöglicht.

5.3. Szintigraphische Darstellung von Kniegelenken mit degenerativen Veränderungen

Hier wurde die „Normalverteilung“ des Radiopharmakons als Bezugswert gewählt. (Abb. 12 b-d, S. 35 linkes Kniegelenk) Auf den Szintigrammen wurde dann – bei normierter Einstellung des Scanners (Untergrund-Cut-off = 20 %) – nach folgenden Kriterien gefahndet, die eine von dieser „Norm“-Anreicherung abweichende Verteilung dokumentierten:

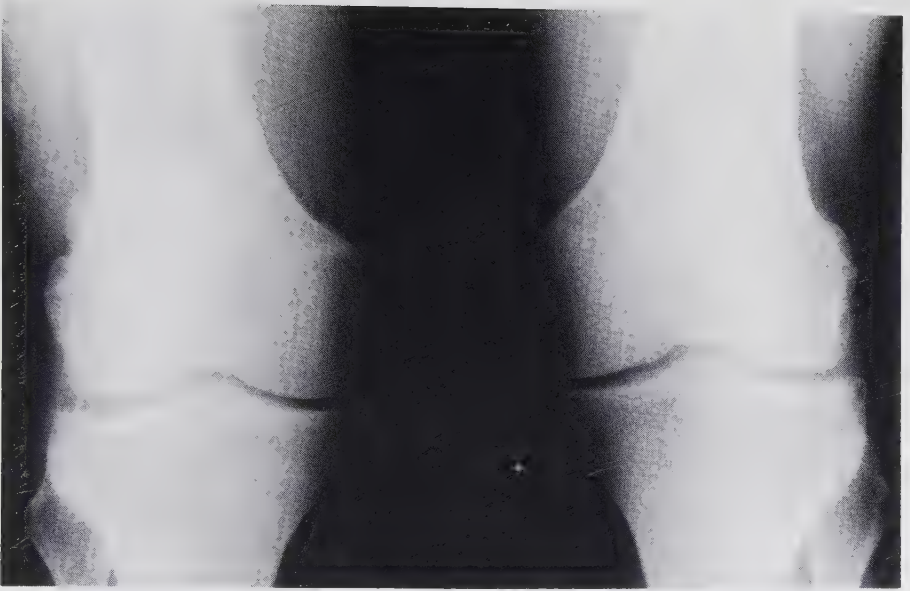
Abb. 10 a – c



- a) 69-jährige Patientin. Röntgenologisch Gonarthrose beidseits (rechts Grad I, links Grad II). Klinisch rechts Belastungsschmerz, links Aktivierung.

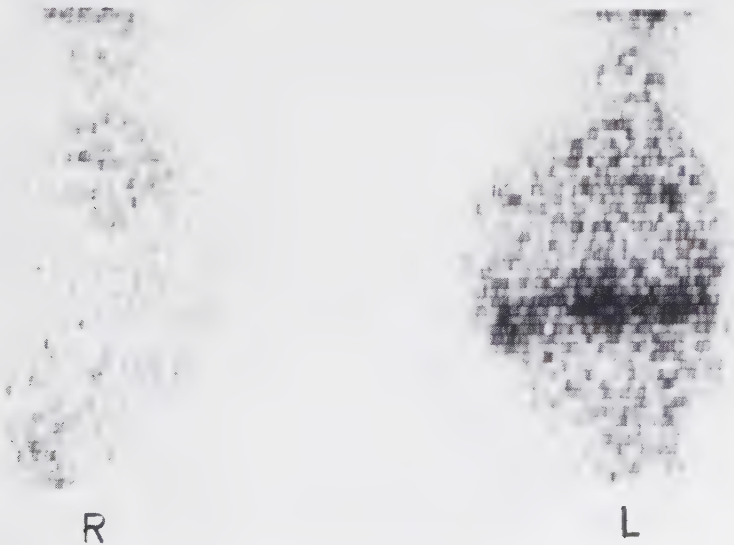
Im Szintigramm beidseits diffus vermehrte Anreicherung von ^{99m}Tc -Pyrophosphat, links etwas mehr als rechts.





b) 60-jährige Patientin. Röntgenologisch Gonarthrose beidseits (Grad I). Klinisch keinerlei Beschwerden.

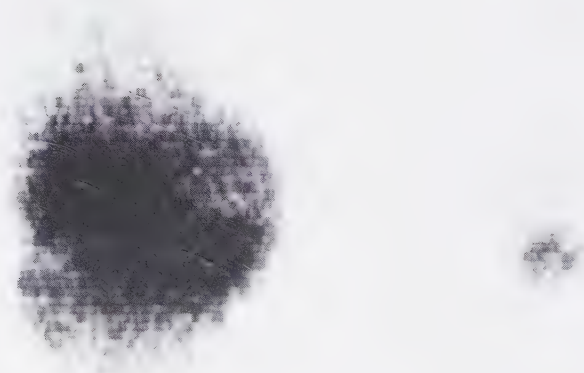
Im Szintigramm mit ^{99m}Tc -Pyrophosphat als Zufallsbefund diffus vermehrte Anreicherung mit zusätzlicher bandförmiger Akkumulation in Höhe des linken Kniegelenkspaltes. Normale Anreicherung rechts.





- c) 75-jährige Patientin. Röntgenologisch Gonarthrose beidseits (rechts Grad IV, links Grad III), beidseits medial betont. Rechts auch degenerative Veränderungen am Tibio-Fibular-Gelenk. Klinisch rechts Aktivierung, links Belastungsschmerz.

Im Szintigramm mit ^{99m}Tc -Pyrophosphat diffuse Mehranreicherung rechts, links herdförmig medial.



1. eine herdförmige Anreicherung (h)
2. eine diffus vermehrte Anreicherung (d)
3. eine Kombination aus beiden Verteilungsmustern
(diffuse Mehranreicherung mit Herden) (d+h)

Es fanden sich bei den 56 untersuchten Gelenken je 14 mal ($\hat{=}$ 25 %) eine herdförmige Anreicherung, die sich bis auf ein Gelenk sämtlich medial fanden; je 12 mal ($\hat{=}$ 21,5 %) eine diffuse Vermehrung und je 10 mal ($\hat{=}$ 17,8 %) das kombinierte Verteilungsmuster. 20 ($\hat{=}$ 35,7 %) der Szintigramme waren unauffällig und konnten als „normal“ bezeichnet werden (Beispiel s. Abb. 10, a – c, S. 23). Unter Berücksichtigung der klinischen bzw. röntgenologischen Stadieneinteilung ergab sich folgende Zuordnung:

Klinische Stadien:

herdförmig	diffus	kombiniert	normal
„0“ 2 ($\hat{=}$ 12,5 %)	— — —	— — —	14 ($\hat{=}$ 87,5 %) n = 16
„+“ 9 ($\hat{=}$ 33,3 %)	9 ($\hat{=}$ 33,3 %)	3 ($\hat{=}$ 11,1 %)	6 ($\hat{=}$ 22,2 %) n = 27
„A“ 3 ($\hat{=}$ 23,0 %)	3 ($\hat{=}$ 23,0 %)	7 ($\hat{=}$ 54,0 %)	— — — n = 13

Röntgenologische Stadien:

herdförmig	diffus	kombiniert	normal
„0“ 4 ($\hat{=}$ 28,5 %)	— — —	— — —	10 ($\hat{=}$ 71,4 %) n = 14
„I“ 3 ($\hat{=}$ 21,4 %)	2 ($\hat{=}$ 14,3 %)	2 ($\hat{=}$ 14,3 %)	7 ($\hat{=}$ 50,0 %) n = 14
„II“ 4 ($\hat{=}$ 36,4 %)	3 ($\hat{=}$ 22,5 %)	— — —	— — —
„III“ 2 ($\hat{=}$ 14,3 %)	3 ($\hat{=}$ 27,2 %)	2 ($\hat{=}$ 18,2 %)	2 ($\hat{=}$ 18,2 %) n = 11
„IV“ 1 ($\hat{=}$ 7,1 %)	1 ($\hat{=}$ 11,1 %)	5 ($\hat{=}$ 55,5 %)	1 ($\hat{=}$ 11,1 %) n = 9
„V“ 1 ($\hat{=}$ 7,1 %)	4 ($\hat{=}$ 50,0 %)	1 ($\hat{=}$ 12,5 %)	— — — n = 8

Von der Lokalisation her waren die herdförmigen Anreicherungen stets in Höhe des Kniegelenkspaltes (fast immer medial) zu finden und stimmten in vielen Fällen mit dem röntgenologischen Befund einer Gelenkflächen-Sklerosierung, Zysten und/oder Osteophyten an Tibiatischkanten und Femurkondylen überein. Eine exakte räumliche Zuordnung dieser Mehranreicherung zu den röntgenologisch faßbaren Veränderungen konnte allerdings nicht gesichert werden. Diffus vermehrte Aktivitätsanreicherungen gingen eindeutig über die knöchernen Strukturen hinaus. In einem Fall ließ sich sogar eine diffuse Mehranreicherung ausschließlich in Höhe des Kniegelenkspaltes nachweisen (Abb. 10 b, S. 23).

5.4. Ergebnisse von Verlaufsbeobachtungen nach analgetischer Betrahlung von Gonarthrosen

5.4.1. Röntgenologische, szintigraphische und klinische Beobachtungen

Im Verlauf dieser Untersuchungsreihe kam es erwartungsgemäß in keinem der Fälle zu einer Änderung des

Röntgenbefundes. Szintigraphisch fand sich nur in einem Fall eine Änderung, wobei die diffus vermehrt anreichernden Kniegelenke eines Patienten acht Wochen nach Bestrahlungsende eine herdförmige Anreicherung beidseits medial in Höhe des Kniegelenkspaltes zeigten. Ansonsten konnten gelegentlich „Verkleinerungen“ solcher Herde (siehe Abb. 12 b–d, S. 36 u. 37) beobachtet werden.

Klinisch ergab sich folgendes Bild:

Von den 26 bestrahlten Kniegelenken (MD = 600 rad) zeigten 10 Gelenke ($\approx 38,5\%$) unmittelbar im Anschluß an die Bestrahlung keinerlei Besserung der klinischen Befunde (ein Patient zeigte sogar eine Verschlechterung im Sinne einer Aktivierung), bei 14 Gelenken ($\approx 53,8\%$) gaben die Patienten eine Besserung der Schmerzen an (besonders der Ruheschmerzen bei aktivierter Arthrose), ohne daß eine sichere Änderung der sonstigen klinischen Befunde (Calor, Tumor) beobachtet werden konnte. Insgesamt zwei Patienten ($= 2$ Gelenke $\approx 17,7\%$) gaben bereits hier deutlichen Bestrahlungserfolg mit weitgehender Schmerzfähigkeit und Wiederherstellung der Funktion an. Hierbei handelte es sich aber nur in einem Fall um eine Arthrose im Reizzustand.

Acht Wochen nach der Bestrahlung ergaben sich bei neun Patienten ($= 12$ Gelenke $\approx 46,2\%$) weitgehende Schmerzfähigkeit und Funktionsfähigkeit der betroffenen Gelenke. Davon waren fünf Gelenke als Arthrosen im Reizzustand diagnostiziert worden. Neun (elf) Gelenke hatten sich beeinflußbar gezeigt ($\approx 34,6\%$), davon vier aktivierte Arthrosen. Bei insgesamt drei Patienten ($\approx 15,8\%$) war bei dieser Untersuchung der Erstbefund nicht geändert. In zwei Fällen handelte es sich aber nach Angaben der Patienten um frische Rezidive. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Ausführungen findet sich in Abb. 11, auf S. 29.

5.4.2. Verlaufsmessungen und Auswertung nach der „Subtraktionsmethode“

Um das Verhalten des relativen Inhalts von $^{99m}\text{Tc-PyP}$ im Weichteil-Knochen-Pool arthrotisch veränderter Kniegelenke unter Bestrahlung mit ^{60}Co zahlenmäßig zu beobachten, wurden die die gefundenen Meßgrößen (WK 01, WK 11, WK 21) unmittelbar nach der Bestrahlung (2. Messung) und acht Wochen post radiatio (3. Messung) mit den Werten unmittelbar vor der Bestrahlung (1. Messung) in Beziehung gesetzt („3–2“; „3–1“; „2–1“). Die Tabellen 7–10 im Anhang zeigen die so gebildeten Differenzen, wobei ein negatives Vorzeichen einer Abnahme des relativen Radioaktivitätsgehaltes des Weichteil-Knochen-pools nach Bestrahlung entspricht. Die Differenzen wurden anschließend durch den t-Test für gepaarte Daten nach Student statistisch überprüft.

Hier ergaben erneut die über den Tibiamitten gemessenen Werte („bestrahlt“ bzw. „unbestrahlt“) keinerlei signifikante Unterschiede, womit methodische Fehler als Ursache für evtl. Unterschiede zwischen „vor Bestrahlung“ und „nach Bestrahlung“ ausgeschlossen werden konnten. Ebenso erbrachte die Überprüfung der nicht bestrahlten Kniegelenke ($n = 12$) keine signifikanten Unterschiede. Die Mittelwerte dieses Kollektivs lagen unter $+ 1,00$ und streuten sehr stark.

Allerdings verhielten sich die unbestrahlten z.T. gleichsinnig zu den bestrahlten Gelenken. Eine Korrelation der Differenzen des rel. Weichteil- und Knochenpools zu ihren klinischen bzw. röntgenologischen Stadien ergab nur bei der Untersuchung acht Wochen nach Bestrahlungsende eine Verlangsamung der Aufnahmegeschwindigkeit 5 Min. p.i. zu 20 Min. p.i. bei den aktivierten Arthrosen ($D\ 01\ p < 0,01$). Ansonsten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

Die Differenzen des rel. Inhalts von $^{99m}\text{Tc-PyP}$ im Weichteil-Knochen-Pool der bestrahlten Kniegelenke vor und nach Radiatio wurden daher in Korrelation zu dem klinischen Bestrahlungsergebnis gesetzt (Spalten p.R. in Abb. 11, S. 29) Bestrahlung Werte, die z.T. gut mit dem klinischen Bild korrelierten (Zunahme bei der aktivierten Arthrose; Abnahme bei den als „gut gebessert“ bezeichneten). Allerdings war hier nur das Kollektiv der „fraglich gebesserten“ einer statistischen Überprüfung zuzuführen, was keine eindeutigen Unterschiede erbrachte ($WK\ 01 = p < 0,30$; $WK\ 11 = p < 0,25$; $WK\ 21 = p < 0,10$).

Nr.	Rö	Szinti	Klinik	Radiatio	gebessert p.R.	gebessert 8 Wo. p.R.
001 f	IV	d + h n	„A“ CDTf	ja	?	ja
003 f	IV	d	„+“ D (T)	ja	?	ja (Sz = h)
004 f	0	h	„+“ D (T)	ja	?	ja (Sz = h)
004 f	0	n	„+“ RD (T)	ja	nein	?
005 f	III	h	„0“ (D)	ja	verschlechtert „A“	?
005 f	IV	h	„+“ (C) DT	ja	verschlechtert „A“	?
007 f	III	d + h	„+“ CDT	ja	?	verschlechtert „A“
008 f	0	n	„0“ (D)	ja	?	ja
008 f	0	n	„0“ (D)	ja	?	ja
009 f	0	n	„0“ —	nein	?	—
009 f	I	d	„A“ CDTfE	ja	?	ja
010 f	0	n	„+“ D (T)	nein	?	—
010 f	I	h	„A“ (C) RDTf	ja	?	ja
011 f	II	h	„+“ D	nein	?	—
011 f	II	h	„A“ (DR) D (T) f	ja	?	ja
013 f	II	d	„+“ D	ja	?	?
013 f	II	h	„A“ (CR) DTf	ja	?	?
014 f	II	h	„+“ D ((T) (f))	ja	nein	ja
014 f	II	n	„+“ D (T) (f)	ja	nein	ja
015 f	I	d + h	„A“ CDTf	ja	ja	?
015 f	I	n	„0“ —	nein	—	—
016 f	II	d	„+“ D	ja	ja	ja
016 f	II	n	„0“ —	nein	—	—
017 f	I	h	„+“ (C) D (T)	ja	nein	?
017 f	0	n	„0“ —	nein	—	—
019 f	IV	d	„+“ D (T)	ja	?	?
019 f	IV	d	„A“ C (R) DTf	ja	?	?
021 f	I	n	„0“ —	nein	—	—
021 f	III	d + h	„A“ (C) D (T) f	ja	nein	nein
023 f	I	h	„0“ —	nein	—	—
023 f	III	d + h	„A“ (C) D (T) f	nein	nein	?
024 f	I	d + h	„A“ CD (T) f (E)	ja	?	nein
024 f	I	n	„+“ D	nein	?	—
025 f	IV	d	„A“ CDTf	ja	nein	ja
025 f	III	h	„+“ D	ja	nein	?

KLINIK:

C = Calor
R = Rubor
D = Dolor *
T = Tumor
f = functio laesa
E = Erguß
() Klammer bedeutet vom Patienten angegeben, nicht sicher klinisch objektivierbar
* = bei „A“ immer einschl. Ruheschmerzen

SZINTI:

h = herdförmige Anreicherung
d = diffuse Anreicherung
d+h = diffuse Anreicherung mit Herden
n = „normales“ Verteilungsmuster

RADIATIO:

? = beeinflusst aber nicht sicher gebessert
ja = Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit + weitgehende Schmerzfreiheit

Bei der Untersuchung acht Wochen nach Bestrahlungsende (d.h. ~ 12 Wochen nach der Erstuntersuchung) waren die Verhältnisse anders.

Bei den Gonarthrosen mit sehr gutem Bestrahlungserfolg betrug der Differenzmittelwert von Erstuntersuchung zu acht Wochen post radiatio für WK 01 = 2,19 (SD = 3,96). Dieser Wert bestätigt eine Abnahme der Mittelwerte ($p < 0,05$). Ein ähnliches Bild ergibt sich für die durch die Bestrahlung beeinflussten Kniegelenke. (DWK01 = -1,85; SD = 2,70; $p < 0,05$).

Noch deutlicher war dies zu finden bei dem Vergleich der Differenzen der Aktivitätsparameter unmittelbar nach mit den Werten acht Wochen nach Bestrahlung („3-2“). Hier zeigten bei den gut gebesserten Kniegelenken („ja“ in Tab. 11) die Differenzen des rel. Inhalts von $^{99m}\text{Tc-PyP}$ im Weichteil-Knochen-Pool zur Zeit 5 Min. p.i. (WK 01) eine signifikante Abnahme ($p < 0,01$), die hervorragend mit den subjektiven und klinischen Befunden übereinstimmen. Ähnliches war bei den fraglich gebesserten Gonarthrosen („?“ Tab. 11) zu beobachten, wo die Differenzmittelwerte aber eine geringere Abnahme zeigten.

Eine vergleichende Untersuchung der Blutpoolinhalte zeigt in 17 Fällen ($\approx 65,4\%$) eine verringerte Blutpoolgröße nach der Telegammabestrahlung, bei 9 ($\approx 34,6\%$) Gelenken eine Vermehrung des relativen Blutpools. In fast allen Fällen kommt es 8 Wochen nach Bestrahlung zu einer gegensinnigen Reaktion. Diese Beobachtung korreliert allerdings nicht dem Erfolg oder Mißerfolg der Bestrahlung (u.z.). Im Einzelnen ergab eine Zuordnung zu den klinischen Parametern acht Wochen nach Bestrahlung für die Werte 5 Min. p.i. (WK 01 und 20 Min. p.i. (WK 11):

	„ja“ = 12	„3-2“	„?“ = 11	„ja“ = 12	„3-1“	„?“ = 9	„ja“ = 2	„2-1“	„?“ = 14
	WK 01	WK 11	WK 21	WK 01	WK 11	WK 21	WK 01	WK 11	WK 21
„ja“	-2.89	-2.38	-3.54	-2.19	-1.53	-2.22	-3.79	-4.76	-3.96
	± 3.85	± 4.57	± 5.88	± 3.96	± 5.05	± 8.12	± 3.06	± 1.12	± 5.20
„?“	-1.78	-3.40	-4.26	-1.84	-3.30	-1.84	-0.52	-1.27	-2.58
	± 3.86	± 4.45	± 6.53	± 2.70	± 4.06	± 6.22	± 4.21	± 5.61	± 7.36

Zwei der Arthrosen mit Ruheschmerzen (Klinik „A“) zeigten eine Erhöhung (klinisch unbeeinflusst!), drei blieben in ihrem relativen Weichteil- und Knochen-pool innerhalb der Grenzen des „A“-Kollektivs, und sechs zeigten eine Verringerung der Aktivität ($\rightarrow$ „+“). Bei den Arthrosen mit Belastungsschmerz (Klinik „+“) zeigte sich eine Erhöhung des rel. Weichteil- und Knochenpools bei $^{99m}\text{Tc-PyP}$ ($\rightarrow$ „A“), bei zweien war eine Erniedrigung zu beobachten ($\rightarrow$ „0“) und neun der Gonarthrosen zeigten keine Verringerung, die eine Zuordnung zu einem anderen Kollektiv ergeben hätte.

6. DISKUSSION

Mit der Einführung der ^{99m}Tc markierten Zinn-Phosphat-Komplexe haben diese die Radiostrontium-Nuklide ($^{85,87}\text{mSr}$) nicht nur in der szintigraphischen Darstellung des Skeletts zur Metastasensuche, sondern auch in der Gelenkszintigraphie abgelöst. Während $^{85,87}\text{mSr}$ wie $^{45,47}\text{Ca}$ eine definierte Beziehung zum Knochenstoffwechsel aufweisen (Vaughan 1970) folgen die ^{99m}Tc -Zinn-Phosphat-Komplexe (Tc-Sn-P) aufgrund ihrer Eigenschaft als Chelate einerseits rein physikalisch-chemisch determinierten Verteilungsvorgängen (Blutfluß, Kapillarpermeabilität, Oberflächen-Adsorption bzw. Chemosorption an Hydroxylapatit, Ausscheidung über die Nieren (Genant u. Mit. 1974, Garnett u. Mit. 1975, Siegel u. Mit. 1976), andererseits spielen aber auch bisher nicht definitiv geklärte Mechanismen der Metabolisierung und Strukturänderung der Komplexe in vivo eine Rolle bezüglich ihrer Affinität zu Knochen, Bindegewebe und Muskulatur. Bekannt ist, daß das Ausmaß der Tc-Sn-P-Akkumulation auch in Beziehung steht zum Kollagengehalt der Gewebe (Kaye u. Mit. 1975) und in Weichteilregionen abhängt vom aktuellen Entzündungszustand (Büll u. Mit. 1974).

Der Mechanismus der Anreicherung und die autoradiographischen Verteilungsmuster von ^{85}Sr alleine sind für die Coxarthrosen schon ausführlich diskutiert worden (Büll u. Mit. 1974). Beim Vergleich der Konzentrationen von ^{85}Sr und Tc-Sn-P im Bereich der ossären Bestandteile arthrotisch veränderten Hüftgelenke fanden sich keine signifikanten Unterschiede. Gesichert werden konnte zudem, daß die Konzentration beider Knochensucher in der Spongiosa höher war als im kompakten Knochen. Die höchsten Konzentrationen fanden sich in den arthrosetypischen Veränderungen des Femurkopfes, wobei sich die Reihenfolge Osteophyten < Eburnisationen < Zysten dokumentieren ließ (Büll 1975). Die Konzentrationen in der Hüftgelenks-Kapsel betrugen bei Coxarthrose zwei Std. nach Applikation von Tc-Sn-P nur 14,5 % der Gesamtradioaktivität im Hüftgelenk.

Mit dieser Feststellung einer fokalen Konzentrations-Erhöhung von Tc-Sn-P in den arthrosetypischen ossären Veränderungen von Gelenken ist auch das Postulat einer szintigraphisch nachweisbaren herdförmigen Mehranreicherung z.B. bei der Gonarthrose verbunden.

Diese Vorstellung wurde auch von den Ergebnissen der Osteoszintimetrie mit ^{85}Sr hergeleitet, die fokale Mehranreicherungen von ^{85}Sr bei Gonarthrosen im Bereich von Osteophyten und Sklerosen dokumentierten. Im Gegensatz dazu war die Mehranreicherungen bei Gonarthritiden mehr diffuser Art (Bauer u. Mit. 1969). Nach unseren Untersuchungsergebnissen ist diese Korrelation für die Tc-Sn-P keinesfalls als gesichert anzusehen. Herdförmige Mehranreicherungen waren auch bei Gonarthrosen faßbar, die keine entsprechenden Veränderungen im Röntgenbild aufwiesen (Röntgenstadien 0 und z.T. I). Darüber hinaus ergab es sich, daß in einigen Fällen die fokale Mehranreicherung erst mit dem Übergang von latenter zu aktivierter Gonarthrose auftrat oder sich zur diffusen Mehrspeicherung addierte. Diese Verschlechterung des klinischen Zustandes bedingt natürlich keine simultane Veränderung des röntgenologisch faßbaren Befundes. Somit muß postuliert werden, daß der fokale Mehranreicherungs-Typ im Kniegelenkszintigramm sowohl ein ossäres Korrelat als auch einen Bezug zum Zustand der Kniegelenks-Weichteile haben muß. Kniegelenks-Weichteile bei der aktivierten Gonarthrose befinden sich zudem in einem florideren Entzündungszustand als die von Büll und Mit. untersuchten Hüftgelenks-Kapselanteile. Ferner ist zu bedenken, daß arthrosetypische ossär-reaktive Veränderungen im Laufe von Jahren entstehen. Die Interpretation des Befundes einer fokalen Mehranreicherung ohne entsprechenden Röntgenbefund im Sinne eines vergleichbaren Mechanismus wie bei der knochen-szintigraphischen Frühdiagnostik von Metastasen erscheint daher nicht zulässig.

Welche Vorgänge für das Bild einer diffusen Mehranreicherung der Tc-Sn-P im Kniegelenkszintigramm bei der Gonarthrose verantwortlich sind, konnte bisher noch nicht geklärt werden. Gegen die primäre Kausalität einer erhöhten Blutmenge im Kniegelenkbereich spricht, daß sowohl bei latenten als auch bei aktivierten Gonarthrosen ein erhöhtes Blutvolumen nur in je 18 % der Fälle nachgewiesen werden konnte. (s. Anmerkung S. 33). Eine diffuse (bzw. kombinierte) Mehranreicherung kam jedoch bei ca. 45 % der latenten und bei ca. 76 % der aktivierten Gonarthrosen vor und war auch nicht in jedem Fall mit einem erhöhten regionalen Blutvolumen korreliert. Da die Zuordnung der Größe der Tc-Sn-P-Aufnahme sowohl zu den Röntgen-

Stadien als auch zu den klinischen Stadien jeweils eine hinreichende Korrelation ergab, sollte die Möglichkeit einer Weichteilspeicherung auch bei diesem szintigraphischen Erscheinungsbild erwogen werden.

Neben der szintigraphischen Darstellung der ^{99m}Tc -Pyrophosphat-Verteilung in arthrotisch veränderten Kniegelenken, konnten wir mit der Quantifizierung dieser Verteilung und der Messung zu Einheitszeiten Aussagen über die Kinetik der ^{99m}Tc -Zinn-Komplexe machen.

Eine weitergehende Interpretation dieser kinetischen Parameter über der – hauptsächlich aus Muskulatur, Sehnen und Kompakta bestehenden – Tibiamitte muß wohl den raschen und hohen initialen Radioaktivitätsanstieg weniger den knöchernen Anteilen als mehr einer Art Anlagerung an z.B. kollagene Strukturen des Unterschenkels zuordnen. Hierbei scheint die absolute Größe dieser Akkumulationen einerseits vom Umfang der zur Anlagerung verfügbaren Oberfläche abzuhängen, andererseits in einer bestimmten Affinität dieser Strukturen zu dem Radiopharmakon begründet zu sein. Dieser frühen „Initialakkumulation“ muß dann im Verlauf die pro Zeiteinheit zunehmende Anreicherung in den knöchernen Strukturen insbesondere in Zonen osteogener Aktivität folgen. Dies würde den über den Unterschenkelmitte zu beobachtenden „Abstrom“ der Radioaktivität zwei Stunden nach der Injektion von ^{99m}Tc -Pyrophosphat erklären, sowie den hohen initialen Anstieg der Gelenksaktivität bei Messungen am Kniegelenk unten und die geringe Aktivitätssteigerung zwischen 20 Min. p.i. und 120 Min. p.i. ($D_{21} = 0,96$). Dazu kommt, daß der prozentuale Anteil der Blutradoaktivität im Vergleich zum „Kniegelenk oben“ bei den Meßpunkten Tibiamitte und „Kniegelenk unten“ um ca. 25 % kleiner ist, sodaß für diese Befunde kein vergrößerter Blutpool (in dem ^{99m}Tc -Pyrophosphat einen ähnlichen Aktivitätsabfall zeigt) verantwortlich gemacht werden kann. Am gesunden Kniegelenk kommt es also nach einer Phase der Initialakkumulation zu einem „Einstrom“ von Radioaktivität in knöcherne – sowohl kristalline als auch organische (Kaye 1975) – Strukturen und zu einer „stabilen“ Aktivitätsverteilung, die im Szintigramm ^{99m}Tc -Pyrophosphat als osteotrope Substanz ausweist (s. Abb. 10 auf Seite 23–26).

Ein deutlich abgewandeltes Verhalten zeigt sich aber bei arthrotisch veränderten Kniegelenken. Es kommt hier, und zwar mit der Schwere des klinischen Befundes zunehmend, zu einer Erhöhung der Initialakkumulation, wobei sich bei den aktivierten Arthrosen (Klinik „A“) diese Werte für Kniegelenk von oben wie Kniegelenk von unten gemessen gleichen. Darüber hinaus kommt es auch zu einer Vergrößerung der „stabilen“ Anlagerung des Radionuklids im Weichteil-Knochenpool. Hier darf daran erinnert werden, daß der pathogenetische Prozeß der Arthrose durch den Matrixverlust mit konsekutiver Freilegung der Kollagenfibrillen eingeleitet wird (Cotta 1974), und daß Pyrophosphat eine bekannte Affinität zu kollagenen Strukturen besitzt (Cartier u. Lanzetta aus Irvin 1973), die sich auch für die ^{99m}Tc -Zinn-Phosphat-Komplexe bestätigt hat (Kaye 1975, Büll 1975).

Für die signifikante Mehranreicherung des Kollektivs „Klinik +“ gegenüber dem Normalkollektiv dürften deshalb neben der osteogenen Aktivität im Verlauf der Erkrankung auch in diesem Stadium bereits Änderungen der Synovialzusammensetzung und die Reagibilität der Gelenkkapsel verantwortlich zu machen sein.

Diese Überlagerung der Aktivitätsverteilung von Weichteilpool und Knochenpool wird auch durch das Szintigramm dokumentiert (Vergleich Röntgen zu Szintigramm Abb. 10 c). So gilt das Postulat von Dreyer und Georgi (1972), nach dem eine nuklear-medizinische Erfassung von Knochen- und Gelenksaffektionen jeglicher Genese erst ab dem Zeitpunkt, „zu dem die reaktive Osteogenese in meßbarer Intensität abläuft“, für ^{99m}Tc -Pyrophosphat nur bedingt, da ein großer Anteil der gemessenen Radioaktivität reaktiven Veränderungen der Kapsel, der Synovia und der Muskulatur zugerechnet werden muß. Zweifelloos korreliert die ^{99m}Tc -Pyrophosphat-Einlagerung auch mit Art und Umfang der ossären Veränderung, was durch die Zuordnung der gefundenen Werte zu den röntgenologischen Stadien gezeigt werden konnte. Dennoch ist ein Faktor zu fordern, der sich zu den vorliegenden knöchernen Veränderungen addiert und neben einer Beeinflussung des szintigraphischen Verteilungsmusters auch die Biokinetik dieses Radiopharmakons entscheidend verändert. Dieser Faktor muß besonders in Zusammenhang mit der „Aktivierung“ einer Arthrose (Klinik „A“) gebracht werden, da hier trotz gleichartiger (z.T. sogar geringerer) knöcherner Veränderung eine veränderte Kinetik mit einem zu allen drei Meßzeiten signifikant vermehrten ^{99m}Tc -Pyrophosphat-Inhalt des Weichteil- und Knochenpools gegenüber den Gonarthrosen mit Belastungsschmerz (Klinik „+“) zu errechnen war. In der Reizphase (Mohring 1971) bzw. bei

der aktivierten Arthrose wird zudem auch klinisch ein sog. „Irritationsfaktor“ (Otte 1971) gefordert, der über die pathologisch-anatomischen (d.h. auch die röntgenologischen) Veränderungen des Gelenks hinaus für die starken Ruheschmerzen und die funktionelle Insuffizienz verantwortlich ist. Ein solcher Faktor könnte auch für die beobachtete Änderung der Biokinetik von ^{99m}Tc -Pyrophosphat diskutiert werden, wobei sein Einfluß mittelbar über die Änderung des gesamten Gelenkstoffwechsels denkbar ist.

Quantifizierende Untersuchungen von degenerativen Gelenkserkrankungen erfolgten bisher unter Anwendung von ^{85}Sr , ^{87m}Sr , ^{18}F und ^{99m}Tc -Sn-P. Dabei fanden Holopainen und Rekonen (1966) eine vermehrte ^{85}Sr -Einlagerungen bei Gelenken mit chronischer Polyarthritiden im Vergleich zu Gelenken der kontralateralen Seite. Mit der gleichen Methode fand sich bei Coxarthrosen ebenfalls eine erhöhte ^{85}Sr -Aufnahme (Kettunen u. Rekonen 1965).

^{87m}Sr wurde von Bergmann und Mit. (1973) angewandt, als sie Hände mit chronischer Polyarthritiden untersuchten. Sie fanden eine erhöhte Radionuklid-Anreicherung im Bereich der Fingergelenke der betroffenen Hände im Vergleich zu normalen Händen, wobei sie den ^{87m}Sr -Gehalt der ganzen Hand auf die injizierte Radiaktivität bezogen.

Häufiger angewandt und als diagnostisch brauchbar hat sich das allerdings recht aufwendige Verfahren der Osteoszintimetrie mit ^{85}Sr und/oder ^{18}F erwiesen. (Bauer u. Smith 1969, Crutschlow 1970, Muheim u. Crutschlow 1971, Asnis u. Mit. 1973). Hierbei wird von der zu messenden Region in gleicher Position ein Röntgenbild angefertigt. Dieses wird in einheitliche Wegstrecken (z.B. 0,5 inch) aufgerastert und dann eine kollimierte Uptake-Sonde in Scanbewegungen über die Region geführt, die entsprechend der Rasterung angehalten wird. Die über der gemessenen Wegstrecke sich ergebende Zählrate wird in das Raster übertragen. Auf diese Weise erfolgt eine detaillierte Angabe der Radioaktivitätsverteilung über der gemessenen Region, die in Beziehung zu einem körpereigenen Referenzpunkt gesetzt wird. Angewandt wurde diese Methode über den großen Gelenken, wobei Bauer u. Smith (1969) im Bereich von röntgenologisch sichtbaren Osteosklerosen am Kniegelenk 14 d p.i. eine im Vergleich zur Umgebung höhere ^{85}Sr -Einlagerung sahen. Bei der c.P. sah man eine über das ganze Gelenk verteilte, erhöhte ^{85}Sr -Uptake-Rate, wenn keine sekundäre Arthrose des betroffenen Kniegelenks bestand.

Nach Crutschlow (1970) ist die Methode ebenfalls geeignet, eine Unterscheidung zwischen Coxarthrose und Hüftknorpelnekrose zu ermöglichen.

Weitergehend wurden vergleichende osteoszintimetrische Untersuchungen mit ^{85}Sr und ^{18}F gemacht (Muheim und Crutschlow 1971, Asnis u. Mit. 1973), bei der sich vom Verteilungsmuster keine Unterschiede bei Cox- und Gonarthrosen ergaben. Differentialdiagnostische Möglichkeiten bei der Verwendung von ^{18}F wurden nicht angegeben. Somit ist also eine Methode bekannt, die durch Quantifizierung der Anreicherung osteotroper Radionuklide eine Differenzierung Arthrose – Arthritis gestattet. Wegen des technisch aufwendigen Verfahrens der Osteoszintimetrie und des langlebigen Radionuklids ^{85}Sr , das eine relativ hohe Strahlenbelastung hervorruft, fand die Methode keinen Einzug in die klinische Routinediagnostik von entzündlichen und degenerativen Erkrankungen der großen Gelenke.

Büll, Frey u. Mit. versuchen seit 1971 der klinischen Diagnostik quantitative Parameter anzubieten, die neben der reinen Information über Mehr- und Minderanreicherung eines Radionuklids in einem erkrankten Gelenk auch Aussagen über Schwere, Ausmaß und Art der Erkrankung ermöglichen.

Anwendung fanden die Radiostrontiumnuklide ^{85}Sr und ^{87}Sr sowie ^{99m}Tc -Zinn-Phosphat-Komplexe, wobei, wie in 4. angegeben, die „Quotientenmethode“ und die Angabe der „prozentualen“ Akkumulation“ durch die „Subtraktionsmethode“ (Büll 1974) abgelöst wurde.

Anmerkung: Müßbichler (1973) fand eine vermehrte art. Hypervaskulierung bei Coxarthrosen mit der Zunahme der knöchernen Veränderungen. Ebenfalls bei Coxarthrosen beobachtete Hernberg (1969) eine Abnahme der kapillären Blutflußrate und Arnoldi (1972) eine Erhöhung des Venendrucks in den arthrotisch veränderten Gelenkanteilen. Diese Mechanismen könnten zu einer Vergrößerung des Blutpools am Gelenk führen, die wir in 18 % der Fälle gefunden haben.

Es ergab sich, daß die quantitative Bestimmung von Radiostrontium-Parametern bei chronischer Polyarthrits überwiegend mit den klinischen Befunden (Befall-Nichtbefall) korrelierten, wobei aber keine Stadieneinteilung möglich war, und festgestellt wurde, daß die gefundenen Werte in erster Linie Weichteilveränderungen und erst in zweiter Linie knöchernen Veränderungen entsprachen. Diese Befunde galten auch für ^{99m}Tc -Sn-Phosphat-Komplexe, die ebenfalls eine Information über den „pathologischen Knochenstoffwechsel“ bei der c.P. wegen der zu stark überlagernden Weichteilradioaktivität nicht zuließen.

Büll (1975) konnte aber für die arthrotisch veränderten Gelenke nachweisen, daß die Knochenradioaktivität bei den Arthrosen, die sich nicht im „Reizzustand“ befinden, größer ist als die Weichteilkonzentration von ^{99m}Tc -Sn-P, was letztlich eine Umkehrung der Verhältnisse bei der c.P. bedeutet. Trotzdem ergaben sich in dieser Arbeit bessere Übereinstimmungen der ^{99m}Tc -Sn-P-Inhalte mit den klinischen Befunden als mit den röntgenologisch faßbaren Veränderungen. Es war jedoch zu beweisen, daß mit der zunehmenden Schwere der Röntgenveränderungen die Zahl der falsch negativen Werte abnimmt (Röntgen II = 4 Werte ($\approx 36,3\%$) Röntgen III = 2 Werte ($\approx 22,2\%$) Röntgen IV = 1 Wert ($\approx 12,5\%$)).

Insgesamt ergab die Bestimmung der relativen Inhaltsgrößen von ^{99m}Tc -Pyrophosphat bei Gonarthrosen daß:

- bei Patienten mit einseitiger Gonarthrose und beschwerdefreiem anderem Gelenk eine „Mitreaktion“ im Sinne einer zwar geringen, aber deutlichen Erhöhung des rel. Inhalts von ^{99m}Tc -Pyrophosphat zu allen drei Meßzeiten zu beobachten war. Dies galt auch für röntgenologisch nicht veränderte Kniegelenke.
- der Nachweis eines klinisch bzw. röntgenologisch positiven Befundes einer Gonarthrose in der Regel mit einer signifikanten Erhöhung des Radioaktivitätsgehaltes im Weichteil- und Knochenpool verbunden ist.
- bei Gonarthrosen die Übereinstimmung der klinischen Befunde (A = Arthrose im Reizzustand; + = Anlauf-, Belastungs- und Ermüdungsschmerz) mit den erhöhten ^{99m}Tc -Pyrophosphat-Parametern besser ist als die Übereinstimmung mit den Röntgenstadien.
- die Bestimmung des relativen Inhalts von ^{99m}Tc -Pyrophosphat eine Gradation der Gonarthrose unter klinischen Gesichtspunkten zuläßt und damit eine Mehrinformation gegenüber dem Szintigramm darstellt, das seinerseits bereits eine Mehrinformation sowohl gegenüber dem röntgenologischen als auch dem klinischen Befund bringt.

Die Anwendung von Tc-Sn-P ermöglicht weder szintigraphisch noch bei Durchführung quantifizierender Untersuchungen eine differentialdiagnostische Abgrenzung von Arthrose gegenüber Arthritis (Büll, Desauviers 1975) u. M. t. 1974). Da der relative Blutgehalt der Kniegelenke bei latenter und bei aktivierter Gonarthrose nur geringgradig unterschiedlich war gegenüber den Normalwerten, bei der floriden c.P. jedoch signifikante Differenzen gegenüber klinisch unauffälligen Kniegelenken aufweist, ist dieser Parameter der einzige, der eine gewisse differentialdiagnostische Aussagekraft aufweist (Büll 1975).

Für die klinische Diagnostik ist die Durchführung von Gelenkszintigraphien mit Tc-Sn-P bei Arthrosen deshalb von Wert, weil damit in manchen Fällen subjektive Befunde objektiviert werden können. Wenn klinisch und/oder röntgenologisch ein eindeutiger Befund zu erheben ist, dann ist die Berechnung der Größe der Tc-Sn-P-Mehraufnahme zur zusätzlichen Absicherung des klinischen Stadiums von höherer Aussagekraft als die alleinige szintigraphische Darstellung.

Darüber hinaus erscheint die Methode geeignet, bei Verlaufsuntersuchungen Auskunft über das aktuelle Stadium zu erhalten. Nach unseren Beobachtungen ist eine Erhöhung der Speicherungswerte und eine Änderung des szintigraphischen Verteilungsmusters von ^{99m}Tc -Sn-P beim Übergang von latenter zu aktivierter Arthrose innerhalb von Tagen feststellbar. Umgekehrtes Verhalten war auch bei Gonarthrosen mit Ruheschmerzen („A“) zu sehen, die nach Hochvolttherapie vereinzelt wieder in das Kollektiv „Klinik +“ einzuordnen waren. Dies war im Einzelfall quantitativ dokumentierbar (Abb. 12, S. 35). Die Bestrahlungsbehandlung mit z.B. ^{60}Co bei ansonsten therapieresistenten Schmerzzuständen bei Gonarthrosen ist bereits in die Routine der Strahlentherapie

Abbildung 12 a – e

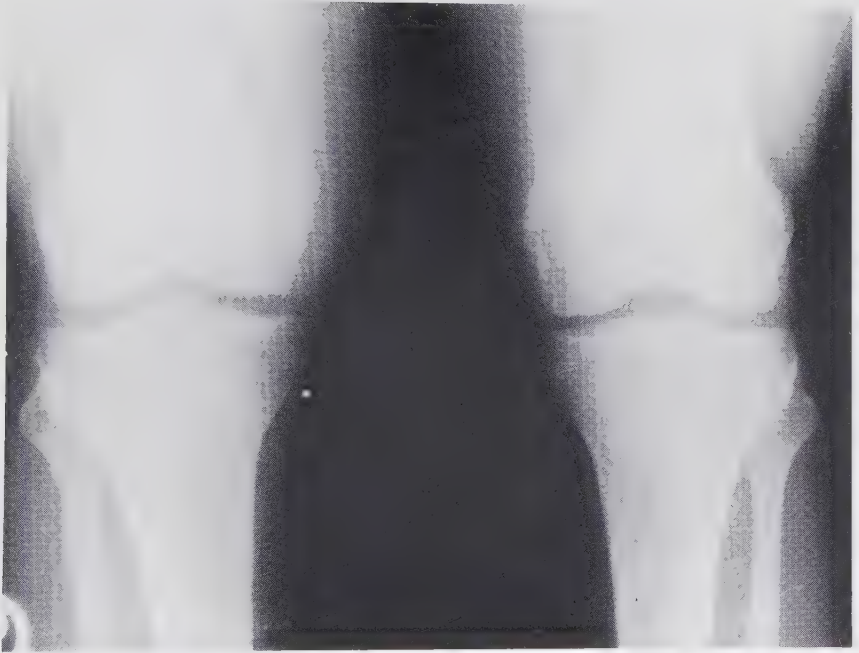


Abbildung 12 a

57-jährige Patientin. Röntgenologisch (a) Gonarthrose beidseits (Grad I).

Szintgraphisch am 9.1.1974 (b) bei Belastungsschmerz rechts diffuse Mehranreicherung von ^{99m}Tc -Pyrophosphat, links normale Verteilung. AM 18.2.1974 rechts aktivierte Gonarthrose, links klinisch unauffällig. Im Szintigramm (c) diffus und herdförmig (medial) vermehrte Anreicherung rechts, im Vergleich zu links deutliche Zunahme.

Am 11.3.1974 (unmittelbar nach Ende der Radiatio, ^{60}Co , 600 rdMD) szintigraphisch (d) keine sichere Änderung des Befundes, möglicherweise Verkleinerung des Herdes medial rechts.

(Verlaufsmäßige Zahlenangaben zum Inhalt des Weichteil- und Knochenpools an ^{99m}Tc -Pyrophosphat s. Abb. 12 e unten);

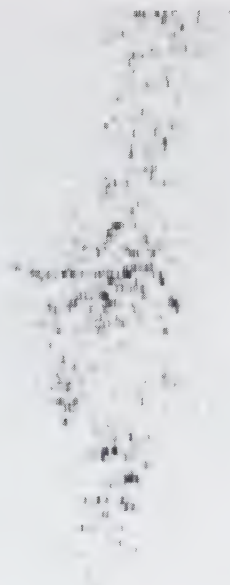
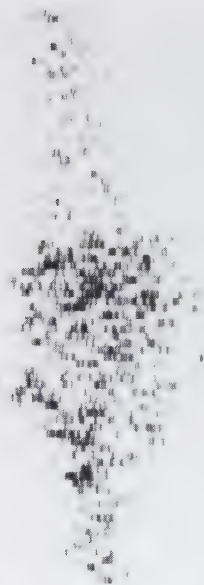
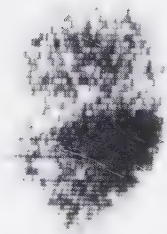


Abb. 12 b: Szinti vom 9.1.74

Abb. 12 c: Szinti vom 18.2.74



R

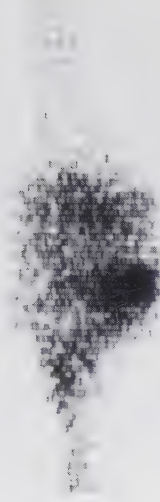


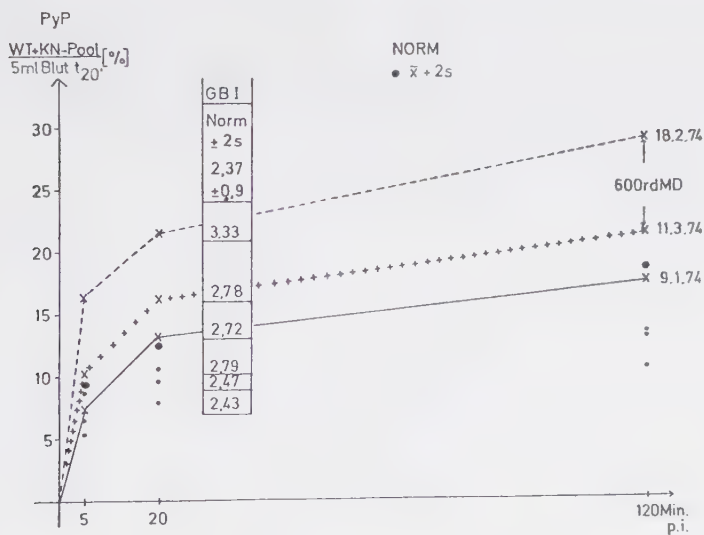
Abb. 12 d: Szinti vom 11.3.74

Abb. 12 e:

Relativer ^{99m}Tc -Pyrophosphat-Inhalt im Weichteil- und Knochenpool des rechten (x) und des linken Kniegelenkes (•) bei Patientin und Befund wie beschrieben.

Zusätzlich Werte der relativen Blutpoolgrößen (GBI), die den WT + KN-Pool-Inhalten durch die gleiche Höhe zugeordnet sind.

- Obere Grenzwerte des Normalkollektivs ($\bar{x} + 2s$) von WT + KN-Pool-Inhalt (^{99m}Tc -Pyrophosphat).



eingegangen. Unsere Ergebnisse sind daher mit der Literatur zu vergleichen und entsprechen den dort zu findenden klinischen Erfolgen weitgehend. (Übersicht s. b. 2.2).

Unklar ist, inwieweit die biochemischen Veränderungen des Entzündungsmilieus unter der Gammabestrahlung (Hug 1969) die lokale Kinetik des $^{99m}\text{Tc-Sn-P}$ ändern.

Es wurde zwar regelhaft acht Wochen nach der Bestrahlung eine gegensinnige Änderung des rel. Blutpools im Verhältnis zu dem unmittelbar nach Bestrahlung zu messenden rel. Blutgehaltes beobachtet, aber es ließ sich weder eine Zuordnung zum Bestrahlungserfolg noch zu der noch zu besprechenden Änderung der Pyrophosphatkinetik finden. So bleibt festzuhalten, daß es unmittelbar post radiatio entweder zu einer Verminderung oder Vermehrung des rel. Blutgehaltes des bestrahlten Gelenkes kommt, und nach acht Wochen zu einer Gegenreaktion, deren Bedeutung weitgehend unklar bleibt.

Der klinische Bestrahlungserfolg einer schmerzhaften Gonarthrose führt acht Wochen nach Bestrahlungsende häufig zu einer Abnahme des Radioaktivitätsgehaltes von $^{99m}\text{Tc-Sn-P}$ im rel. Weichteil- und Knochen-Pool. Ähnliches fanden Frey u. Ghanatabadi (1974) für ^{87m}Sr nach physikalischer Therapie von Arthrosen.

Auffällig erscheint hier, daß die signifikante Übereinstimmung in der Phase der Initialakkumulation (WK 01) zu finden war. Dieser Befund spricht dafür, daß die Bestrahlungsbehandlung mit „analgetischen“ Dosen (Maximaldosis 600 rad) die $^{99m}\text{Tc-Sn-P}$ mehr in den den Weichteilen zuzuordnenden Bindungsstrukturen beeinflusst, was eine Beeinflussung der Ossifikation (Hug 1969), die bei hohen Strahlendosen gefunden wurde (Castronovo 1973), eher unwahrscheinlich macht.

Ähnliche Verlaufsuntersuchungen sind mit ^{85}Sr von Firusian u. Schmidt (1972) und von Frey (1971) bei Skelettmetastasen durchgeführt worden, wobei als Ausgangspunkt die bereits vermehrt speichernde osteolytische Metastase und die nach erfolgreicher Therapie vermehrte Einlagerung im Sinne einer Abnahme der Wachstumstendenz (evtl. der knöchernen Konsolidierung) gesehen werden muß. Dies erscheint aber auf Gonarthrosen nicht übertragbar.

Nuklearmedizinische Untersuchungen bei entzündlichen Gelenkerkrankungen zur summarischen Feststellung der Entzündungsaktivität und des Ausmaßes der ossären Beteiligung haben sich als empfindliche Verfahren erwiesen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die neuen knochenaffinen Radiopharmazeutika vom Typ Tc-Sn-P zur Anwendung kommen, und wenn nach der Gesamtzahl der beteiligten Gelenke, z.B. auch bei c.P., gefahndet werden soll (Bekerman u. Mit. 1975; Desaulniers u. Mit. 1974; Henne u. Mit. 1973). Eine Frühdiagnostik, die die Empfindlichkeit einer exakten klinischen Untersuchung übertrifft, oder eine differentialdiagnostische Aussage erscheint hiermit allerdings nur in Einzelfällen möglich. Nachdem bekannt ist, daß eine szintigraphisch faßbare Mehranreicherung von Tc-Sn-P in Kniegelenken, insbesondere bei Patienten jenseits des 70. Lebensjahres, auch ohne arthrose- oder arthritistypische Röntgenbefunde vorkommen kann (Poulose u. Mit. 1975), ist die Knochenszintigraphie bei Arthrosen keine Untersuchung, die im Sinne eines „Screening-Verfahrens“ in die Routine-Diagnostik einzureihen wäre. Sie bleibt vielmehr Einzelfällen vorbehalten.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Neben einer kurzen Darstellung der Pathomechanismen, der klinischen und röntgenologischen Diagnostik, wie der Therapie der Arthrosis deformans wird die „Subtraktionsmethode“ vorgestellt. Mit diesem Verfahren ist es möglich, die relative Zählrate eines Knochensuchers im Blut im regionalen Bereich eines Uptake-Meßpunktes (z.B. Gelenk, Tibiamitte) selektiv zu erfassen und von der Gesamtzählrate, die aus Blut, Weichteil und Knochen stammt, zu subtrahieren. Es resultiert ein Zahlenwert, der den relativen Inhalt des osteotropen Radiopharmakons im Weichteil- und Knochenpool im Blickfeld der kollimierten Uptake-Sonde als Summe darstellt. Diese Zahlenwerte können in Abhängigkeit von der Zeit nach der Injektion bestimmt und auf die Blutradioaktivität normiert werden. Sie repräsentieren somit auch kinetische Vorgänge.

Als osteotropes Radiopharmakon kam ^{99m}Tc -Pyrophosphat zur Anwendung, zur Blutpoolmarkierung ^{113m}In Indium. Die gesamte rechnerische Aufarbeitung erfolgte mit Hilfe einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage.

Es wurden 38 normale und 56 arthrotisch veränderte Kniegelenke sowohl szintigraphisch als auch mit quantifizierenden Uptake-Messungen untersucht.

Szintigraphisch fanden sich drei unterschiedliche Mehranreicherungstypen (herdförmig, diffus, kombiniert: herdförmig und diffus), die nur in 52 % der Fälle mit einem lokalisierbaren Röntgenbefund verbunden waren. Das Ausmaß der Mehranreicherung korrelierte sowohl mit dem Grad der klinisch ermittelten Beschwerden als auch mit der röntgenologischen Stadieneinteilung.

Es ergab sich eine Übereinstimmung des berechneten relativen ^{99m}Tc -Pyrophosphat-Inhalts im Weichteil- und Knochenpool mit den röntgenologisch erstellten Stadien in ca. 74 %, mit klinisch gefundenen Stadien in ca. 88 % der Fälle. Dabei stiegen die Mittelwerte des relativen Inhaltes von ^{99m}Tc -Pyp im Weichteil- und Knochenpool von 6,48 % (5 Min. p.i.) bei den beschwerdefreien Kniegelenken = Klinik „0“ (normale Gelenke = 5,40 %), über 10,09 % bei den Gonarthrosen mit Belastungsschmerzen = Klinik „+“, auf 19,27 % bei der aktivierten Arthrose = Klinik „A“ an; 20 Min. nach der Injektion des Knochensuchers waren die Werte „0“ = 10,36 (normal = 8,78), „+“ = 15,03 und „A“ = 25,88; nach 120 Min. „0“ 15,12 (normal = 12,37), „+“ = 21,88 und „A“ = 35,14. Alle Unterschiede, Meßzeiten wie Stadien, waren signifikant ($p < 0.025$) zu unterscheiden.

Eine Zunahme des relativen Inhalts des Weichteil-Knochen-Pools von ^{99m}Tc -Pyp in den arthrotisch veränderten Kniegelenken mit der Schwere der Erkrankung – jedoch ohne eine so hohe Signifikanz – zeigte sich auch bei einer Zuordnung der gefundenen Werte zu den vier von Stender u. Frey (1974) formulierten Röntgenstadien der Arthrose.

Damit konnte gezeigt werden, daß durch die Möglichkeit eine Zuordnung quantitativer Parameter der Radionuklid-speicherung zu einem definierten Stadium der degenerativen Erkrankung die „Subtraktionsmethode“ das herkömmliche Szintigramm ergänzt und die diagnostische Aussagekraft nuklearmedizinischer Ergebnisse von Untersuchungsverfahren mit osteotropen Radiopharmaka erweitert. Dabei sind Einzelgelenksparameter – die sich auf die Blutradoaktivität beziehen – exakter als solche, die durch Bezug auf die Radioaktivität der Unterschenkelmitte oder den „gesunden“ kontralateralen Meßpunkt entstehen.

Die Bestimmungen der Biokinetik von ^{99m}Tc -Pyrophosphat legen den Schluß nahe, daß es neben der Knochenanreicherung dieses Radionuklids auch zur Weichteilakkumulation kommt, die in Beziehung zur Weichteilalteration steht. Dies gilt insbesondere für die Arthrose im Reizzustand (= aktivierte Arthrose). Untersuchungen an 26 Kniegelenken, bei denen eine Strahlentherapie (^{60}Co , 600 rad MD) durchgeführt wurde, ergaben acht Wochen nach Ende der Behandlung eine statistisch gesicherte Abnahme der initialen ^{99m}Tc -Pyrophosphat-Speicherung in Zusammenhang mit dem Bestrahlungserfolg.

Obwohl dieses nichtinvasive Verfahren der „Subtraktionsmethode“ den Patienten kaum belastet und mit einfachen nuklearmedizinischen Meßeinrichtungen durchführbar ist, zeigen die gefundenen Ergebnisse folgende Einschränkung für die Verwendung in der klinischen Routinediagnostik auf:

Die Kinetik von ^{99m}Tc -PyP ist im Einzelfall nicht so eng an das Ausmaß der röntgenologisch und klinisch faßbaren Veränderungen bzw. Beschwerden gebunden, daß das gewonnene Zahlenmaterial jeweils eine exakte stadienmäßige Einordnung erlaubt. Daraus ergibt sich, daß der Wert des Verfahrens überwiegend in dem Erhalt einer Information zusätzlich zum klinischen und Röntgenbefund zu sehen ist.

8. TABELLARIUM

LFC	NP	GEO	F0	NP01	F01	G01	F1	NP11	G02	F2	NP21	G21	G01
001	1	8.56	178.18	9.04	-2.41	14.63	21.93	11.42	24.61	13.03	15.01	3.59	3.21
002	1	8.65	140.4	5.23	-2.56	10.15	23.32	7.78	28.59	8.28	10.84	3.05	2.37
003	1	8.65	120.41	8.60	-4.63	16.06	17.47	13.26	37.07	7.57	16.92	3.66	2.81
004	1	4.65	11.07	4.93	-1.86	7.83	18.46	6.39	19.73	7.32	7.98	1.59	1.44
005	1	6.45	45.42	4.93	-3.96	11.84	24.74	8.91	31.92	9.18	14.58	5.66	2.93
006	1	5.21	49.62	3.89	-2.92	9.39	27.54	6.81	36.75	7.04	12.98	6.18	2.59
007	1	5.82	41.25	4.61	-3.24	10.25	23.41	7.85	27.95	8.58	12.36	4.51	2.40
008	1	5.17	47.48	4.12	-5.28	11.86	20.71	9.48	32.81	7.49	13.72	4.32	2.46
009	1	4.51	46.48	3.78	-4.10	9.98	21.02	7.88	29.69	7.01	14.45	6.57	2.10
010	1	6.58	44.89	5.35	-5.92	14.22	20.75	11.27	45.51	6.49	18.97	7.70	2.95
011	1	8.25	22.96	9.74	-1.93	13.56	13.97	11.67	25.38	7.46	11.77	2.14	1.89
012	1	5.17	51.78	3.58	-5.40	11.63	22.78	8.98	27.64	9.59	12.62	3.63	2.65
013	1	7.50	33.45	6.67	-3.74	12.96	19.65	10.41	36.81	6.92	14.42	4.01	2.55
014	1	7.54	62.61	4.15	-3.13	12.02	39.28	7.38	22.58	20.91	10.74	3.44	4.72
015	1	5.17	42.12	4.21	-3.89	10.28	21.20	8.10	23.86	9.47	10.39	2.29	2.18
016	1	5.32	49.42	3.41	-2.94	8.98	29.34	6.34	12.80	20.58	6.91	2.62	3.06
018	1	5.78	53.03	3.84	-2.35	9.26	33.89	6.28	20.08	15.26	8.82	2.62	3.06
019	1	5.49	44.89	5.18	-5.41	13.02	18.59	10.68	27.19	8.90	15.53	4.94	2.42
001	1	6.09	50.38	5.29	-4.13	12.49	24.57	9.42	22.80	13.46	13.86	4.43	3.07
002	1	5.64	40.89	5.00	-2.58	9.89	23.32	7.58	26.43	9.73	9.98	2.38	2.33
003	1	8.25	10.71	8.40	-3.85	13.98	18.12	11.45	33.95	9.73	15.51	4.46	2.33
004	1	4.06	28.94	5.08	-1.84	8.38	17.48	6.92	21.45	6.83	8.71	1.79	1.47
005	1	7.98	26.76	7.07	-3.89	13.98	21.12	10.96	34.57	8.49	15.88	4.92	2.93
006	1	8.62	32.26	3.56	-2.42	8.61	30.52	5.99	32.65	8.05	11.37	5.38	2.63
007	1	6.75	56.47	5.08	-2.91	11.13	22.06	8.68	30.83	8.20	10.24	4.64	2.46
008	1	4.11	53.63	2.90	-4.76	9.47	25.11	7.26	24.78	8.90	10.24	2.96	2.21
009	1	4.74	46.57	3.97	-2.90	9.08	24.31	6.87	25.43	8.68	12.12	5.25	2.21
010	1	8.94	14.95	8.53	-3.84	15.51	20.09	12.39	47.89	6.51	19.96	7.56	3.12
011	1	6.68	11.77	6.99	-2.19	11.51	18.78	9.18	19.22	11.05	8.65	-5.4	2.12
013	1	6.23	38.24	5.48	-3.12	10.98	21.69	8.68	26.96	8.83	13.29	3.79	2.38
014	1	7.47	54.30	6.48	-3.46	12.51	20.50	9.95	33.78	7.59	13.61	3.24	2.56
015	1	5.20	54.18	3.50	-2.17	8.49	33.18	5.67	17.50	16.08	8.71	3.04	2.82
016	1	7.00	32.17	6.67	-2.34	11.26	19.99	9.01	23.93	9.41	18.81	1.81	2.25
017	1	8.11	29.69	6.33	-2.56	12.19	27.85	8.89	16.44	20.86	8.92	0.82	3.39
018	1	7.18	40.77	6.19	-2.98	12.19	24.70	9.18	29.24	10.29	13.42	4.25	3.81
019	1	4.60	41.44	4.55	-3.10	9.56	19.94	7.65	16.78	11.36	9.38	1.73	1.91

Tab. Nr. 1: Normalkollektiv ^{99m}Tc-Pyrophosphat Meßpunkt: Kniegelenk oben (n = 36)

LFC	NP	G00	F0	NP01	G01	F1	NP11	G02	F2	NP21	G21	G01	
001	1	8.22	29.75	10.11	-1.53	14.08	17.36	11.64	20.87	11.74	12.88	1.24	2.45
002	1	8.47	32.43	8.58	-1.59	12.91	21.27	10.16	25.63	10.72	9.51	-8.5	2.75
003	1	9.64	26.36	10.44	-1.07	14.05	18.09	11.51	29.24	8.70	13.22	1.71	2.94
004	1	5.65	23.35	6.11	-1.80	8.23	16.81	6.91	18.46	7.14	7.47	.56	1.32
005	1	8.80	31.29	8.47	-2.28	13.51	20.48	10.75	27.77	9.95	12.60	1.85	2.76
006	1	6.79	39.48	6.89	-2.18	10.34	24.50	8.26	30.89	8.68	10.70	2.43	2.68
007	1	8.10	38.08	7.64	-1.80	11.88	20.52	9.44	25.63	9.51	11.24	1.80	2.44
008	1	8.65	35.44	8.48	-3.52	15.06	20.35	12.80	37.78	8.11	15.72	3.72	3.07
009	1	6.55	37.77	6.39	-1.89	10.76	23.00	8.29	22.58	10.96	18.55	2.27	2.47
010	1	9.28	32.73	9.21	-2.70	14.95	20.32	11.91	38.11	7.97	15.69	3.77	3.04
012	1	8.66	16.93	11.82	-7.9	13.27	11.04	11.81	21.83	6.71	10.19	-1.61	1.47
013	1	7.89	34.62	7.35	-2.44	12.51	21.82	9.78	24.59	11.11	11.08	1.29	2.73
014	1	7.73	26.74	7.48	-2.46	12.81	17.22	9.94	25.92	7.98	10.86	1.2	2.07
015	1	8.29	44.26	6.73	-1.03	11.39	31.87	7.76	18.29	19.84	8.79	1.83	3.63
016	1	7.74	30.61	7.52	-7.7	18.64	22.17	8.28	19.40	12.16	8.56	.28	2.36
017	1	6.89	39.89	5.23	-1.80	8.99	20.59	6.24	10.31	26.67	5.24	-1.80	2.75
018	1	8.07	38.67	7.93	-7.5	11.15	22.21	8.67	16.61	14.94	9.43	1.66	2.48
019	1	8.68	32.81	9.86	-2.34	15.84	18.94	12.20	26.10	10.92	14.65	1.6	1.42
001	1	7.94	31.77	9.49	-1.87	12.88	19.59	10.36	20.44	12.35	12.55	2.19	2.52
002	1	6.21	38.84	7.62	-2.80	10.54	23.85	10.42	25.24	12.37	9.23	-1.19	3.12
003	1	9.33	30.67	9.90	-1.75	14.11	20.27	11.25	28.86	9.94	12.91	1.65	2.86
004	1	6.47	21.97	7.14	-8.3	9.39	15.14	7.97	28.08	7.80	9.43	1.6	1.91
005	1	8.45	34.27	7.79	-3.33	14.82	20.67	11.12	28.31	10.24	12.81	1.79	2.12
006	1	7.46	38.93	6.75	-1.35	11.00	26.41	8.10	28.53	10.18	9.75	1.66	2.91
007	1	8.52	28.89	8.26	-1.88	10.53	19.10	10.14	24.02	9.97	10.50	35	2.39
008	1	5.77	43.69	7.72	-7.7	18.22	24.66	7.70	23.23	10.85	9.44	1.74	2.52
009	1	5.91	35.91	5.94	-2.65	10.72	19.82	8.59	21.96	9.67	10.38	1.79	2.12
010	1	10.70	25.07	11.83	-2.52	17.83	15.75	14.35	42.15	6.36	17.59	2.45	2.41
012	1	8.44	28.96	9.19	-1.37	12.00	20.36	9.56	17.68	13.82	7.76	-1.80	2.82
013	1	8.15	31.68	7.91	-1.50	11.76	25.11	6.69	27.74	11.87	10.49	1.81	2.58
014	1	7.62	40.29	6.81	-2.68	11.76	21.49	6.49	16.15	11.07	10.49	1.80	3.07
015	1	7.00	49.80	5.17	-1.32	9.96	34.94	9.23	19.79	12.15	8.73	1.14	3.49
016	1	8.88	27.09	9.89	-1.4	11.63	20.67	7.69	14.23	20.61	7.69	-60	4.07
017	1	8.99	45.28	6.22	-1.47	11.76	34.62	10.26	22.96	15.80	10.84	-22	3.63
018	1	8.88	48.87	7.43	-2.82	13.88	26.13	9.14	16.55	14.49	9.80	-14	2.40
019	1	7.27	32.99	8.23	-1.91	11.54	20.78	9.14	16.55	14.49	9.80	-14	2.40

Tab. Nr. 2: Normalkollektiv ^{99m}Tc-Pyrophosphat Meßpunkt: Kniegelenk unten (n = 36)

LFO NR	GB9	P0	MR01	D01	GB1	P1	MR11	GB2	P2	MR21	D21	GB1
001 1	12 08 I	25 32 I	15 79 I	- 31 I	13 16 I	15 50 I	16 10 I	23 20 I	15 19 I	14 14 I	-1.96 II	3 06 I
002 1	9 79 I	26 65 I	10 76 I	- 77 I	12 60 I	20 70 I	10 00 I	18 89 I	13 81 I	6 82 I	-3.17 II	2 61 I
003 1	10 73 I	39 98 I	9 47 I	- 70 I	14 46 I	29 66 I	10 17 I	18 51 I	22 16 I	7 33 I	-2.84 II	4 29 I
004 1	8 43 I	21 06 I	9 39 I	1 06 I	9 31 I	19 06 I	7 94 I	14 08 I	12 60 I	5 44 I	-2.18 II	1 77 I
005 1	12 22 I	34 96 I	11 14 I	- 06 I	15 47 I	27 61 I	11 20 I	21 81 I	19 38 I	9 07 I	-2.13 II	4 27 I
006 1	7 73 I	37 20 I	7 19 I	- 14 I	10 21 I	28 17 I	7 73 I	17 82 I	16 14 I	5 77 I	-1.56 II	2 88 I
007 1	8 40 I	21 16 I	8 70 I	1 19 I	9 46 I	20 56 I	7 52 I	14 68 I	13 25 I	6 23 I	-1.28 II	1 95 I
008 1	5 21 I	42 28 I	4 37 I	-4 31 I	11 08 I	19 89 I	8 88 I	17 98 I	12 54 I	7 04 I	-1.84 II	2 28 I
009 1	8 77 I	33 58 I	9 14 I	19 I	11 89 I	24 78 I	8 90 I	16 84 I	15 64 I	6 44 I	- 59 II	2 95 I
010 1	11 61 I	20 28 I	13 66 I	2 61 I	11 40 I	17 57 I	11 04 I	22 38 I	10 52 I	9 01 I	-2.03 II	2 54 I
012 1	7 37 I	37 50 I	7 06 I	-1.22 II	11 04 I	25 05 I	8 28 I	13 28 I	20 81 I	5 46 I	-2.82 II	2 76 I
017 1	10 20 I	18 40 I	11 86 I	1 31 I	13 42 I	15 12 I	10 54 I	12 00 I	15 65 I	6 19 I	-5.35 II	1 88 I
014 1	13 95 I	28 70 I	13 20 I	1 47 I	15 58 I	25 54 I	11 65 I	23 18 I	17 01 I	6 70 I	-3.72 II	5 95 I
015 1	11 14 I	39 34 I	9 95 I	1 11 I	12 21 I	23 17 I	8 85 I	15 00 I	25 22 I	6 76 I	-2.27 II	4 28 I
016 1	9 03 I	23 36 I	9 72 I	-1.13 II	12 56 I	16 24 I	10 85 I	14 98 I	14 00 I	6 50 I	4 35 II	2 11 I
017 1	6 51 I	39 50 I	4 99 I	- 49 I	8 06 I	12 02 I	5 48 I	9 55 I	27 06 I	4 01 I	- 65 II	2 58 I
018 1	11 11 I	28 60 I	11 24 I	2 02 I	12 79 I	25 65 I	9 21 I	15 92 I	19 97 I	6 69 I	-2.52 II	1 18 I
019 1	6 69 I	25 64 I	8 40 I	- 06 I	10 18 I	16 84 I	8 47 I	12 41 I	13 81 I	6 79 I	-1.67 II	1 31 I
001 1	10 69 I	22 44 I	14 59 I	- 07 I	14 22 I	14 83 I	14 67 I	20 01 I	12 62 I	12 39 I	-2.38 II	2 93 I
002 1	9 19 I	29 23 I	9 74 I	1 12 I	12 31 I	21 86 I	9 62 I	19 44 I	13 84 I	7 02 I	-2.60 II	2 54 I
003 1	12 49 I	33 35 I	12 24 I	1 63 I	14 78 I	20 17 I	10 61 I	18 84 I	22 09 I	7 54 I	-1.03 II	4 16 I
004 1	8 69 I	20 59 I	9 75 I	2 11 I	9 41 I	18 97 I	7 64 I	14 14 I	12 66 I	5 46 I	-2.19 II	1 79 I
005 1	10 70 I	29 71 I	10 54 I	43 I	13 20 I	27 81 I	10 12 I	20 06 I	15 83 I	3 25 I	-1.47 II	1 15 I
006 1	8 09 I	27 94 I	8 67 I	26 I	10 61 I	21 30 I	8 75 I	14 46 I	12 74 I	5 82 I	-2.52 II	2 26 I
007 1	9 62 I	21 96 I	10 18 I	99 I	11 31 I	18 80 I	9 19 I	16 75 I	17 01 I	6 96 I	-2.23 II	2 17 I
008 1	7 85 I	40 01 I	7 11 I	-2 11 I	12 39 I	25 05 I	5 07 I	16 75 I	13 89 I	6 73 I	-2.49 II	1 17 I
009 1	7 35 I	36 00 I	7 37 I	74 I	2 28 I	28 50 I	6 64 I	16 91 I	15 64 I	7 08 I	- 94 II	1 45 I
010 1	11 07 I	25 82 I	12 11 I	1 21 I	11 76 I	20 77 I	10 00 I	20 96 I	17 64 I	8 21 I	-2.59 II	2 86 I
012 1	7 87 I	28 14 I	8 43 I	- 67 I	11 47 I	20 69 I	8 10 I	13 88 I	17 09 I	5 91 I	-3.18 II	2 71 I
013 1	8 66 I	28 78 I	8 99 I	1 25 I	12 39 I	19 95 I	10 24 I	14 18 I	17 99 I	6 00 I	4 24 II	2 55 I
014 1	13 18 I	30 65 I	12 67 I	84 I	15 27 I	26 47 I	11 22 I	23 51 I	17 18 I	8 41 I	-2.81 II	4 04 I
015 1	6 89 I	29 78 I	7 12 I	49 I	8 68 I	2 65 I	6 63 I	11 25 I	18 25 I	5 48 I	-1.14 II	2 05 I
016 1	9 82 I	19 73 I	11 08 I	46 I	12 56 I	15 47 I	10 62 I	15 83 I	12 24 I	6 90 I	-3.64 II	1 94 I
017 1	8 35 I	65 34 I	3 65 I	-1 35 I	10 45 I	52 16 I	5 00 I	12 02 I	45 78 I	4 95 I	- 05 II	5 47 I
018 1	10 24 I	37 56 I	9 06 I	- 34 I	17 25 I	22 04 I	9 40 I	17 01 I	22 61 I	6 70 I	-2.43 II	3 85 I
019 1	8 54 I	21 33 I	11 35 I	1 37 I	11 80 I	15 43 I	9 98 I	15 08 I	12 07 I	8 38 I	-1.60 II	1 82 I

Tab. Nr. 3: Normalkollektiv ^{99m}Tc -Pyrophosphat Meßpunkt: Tibiamitte (n = 36)

Tab. Nr. 4: Untersuchungskollektiv ^{99m}Tc-Pyrophosphat, Meßpunkt: Kniegelenk oben (n = 72)

LFD	NR	GB0	P0	WK01	D01	GB1	P1	WK11	GB2	P2	WK21	D21	GB1
001	1	24 18	9 97	29 30	-10 87	42 58	5 66	40 17	99 16	2 43	61 20	21 03	2 41
002	1	13 90	21 52	15 02	-3 85	23 85	12 54	20 86	68 57	4 36	29 89	8 22	2 99
003	1	17 13	17 09	16 99	-9 27	19 19	18 03	26 26	63 78	4 59	48 43	22 17	2 93
004	1	6 27	38 04	6 73	-5 92	15 04	15 85	14 52	37 06	10 45	18 35	5 78	3 14
005	1	7 65	41 09	5 45	-3 11	11 70	26 85	8 56	30 07	9 23	23 13	7 02	3 52
006	1	11 06	34 46	18 07	-6 04	11 92	19 13	16 11	41 29	9 33	23 13	7 02	3 52
007	1	6 08	43 46	5 29	-5 05	11 92	20 36	10 34	27 68	9 55	14 56	4 21	2 64
008	1	5 80	39 26	4 59	-4 35	17 03	12 88	8 85	21 16	10 76	12 22	4 17	2 28
009	1	9 29	23 61	10 49	-5 75	17 40	17 39	14 38	38 62	5 84	17 72	2 89	2 19
010	1	7 85	38 55	8 62	-4 09	16 94	20 76	13 42	51 16	6 87	20 09	6 67	3 03
011	1	18 48	33 55	9 33	-5 81	11 23	14 36	17 88	58 37	5 14	24 32	6 43	3 00
012	1	11 10	27 81	12 07	-5 05	13 49	14 33	11 56	34 53	5 68	18 87	7 31	1 93
013	1	6 13	31 55	6 51	-5 41	17 45	21 51	13 86	36 46	4 89	29 15	7 37	3 23
014	1	16 28	19 82	16 48	-5 29	25 00	12 90	18 42	39 42	9 49	21 07	6 96	3 74
015	1	11 32	33 36	10 82	-3 84	17 66	21 51	13 86	36 46	4 89	29 15	7 37	3 23
016	1	7 40	58 59	5 18	-5 23	14 16	26 43	18 42	39 42	9 49	21 07	6 96	3 74
017	1	9 58	29 84	9 18	-5 41	17 45	21 51	13 86	36 46	4 89	29 15	7 37	3 23
018	1	16 34	20 81	18 34	-6 27	11 30	14 18	14 59	48 68	7 82	21 86	6 47	2 86
019	1	5 76	42 84	4 84	-1 95	11 92	26 38	27 01	70 88	4 80	36 33	9 32	3 40
020	1	8 90	38 78	6 95	-3 38	13 78	25 05	10 33	37 38	11 11	8 87	2 89	2 42
021	1	7 94	36 68	7 11	-4 55	14 53	19 75	11 66	35 46	8 18	17 93	6 53	3 45
022	1	13 89	28 55	15 78	-12 65	11 49	9 76	24 23	174 26	3 62	36 20	11 97	2 87
023	1	27 69	17 30	31 67	-6 27	18 23	13 95	44 32	93 52	5 12	56 40	12 07	4 79
024	1	9 00	28 27	9 41	-8 89	26 62	12 58	23 27	82 08	4 80	22 18	6 50	2 54
025	1	13 73	24 38	14 38	-5 84	15 83	17 16	13 12	39 90	6 81	17 43	4 41	2 72
026	1	8 39	33 61	7 28	-3 39	13 53	14 87	11 52	25 86	7 79	14 09	2 57	2 01
027	1	8 79	25 66	8 14	-5 86	11 23	14 39	15 07	37 19	6 81	24 84	9 77	2 53
028	1	7 85	25 66	8 14	-5 86	11 23	14 39	21 53	67 75	3 23	34 22	12 69	2 19
029	1	9 56	26 48	9 51	-3 01	18 93	29 88	7 66	27 58	11 83	11 89	4 23	3 26
030	1	9 02	26 09	8 73	-5 30	16 38	14 37	14 03	41 03	5 74	18 56	4 53	2 35
031	1	6 86	44 65	4 82	-2 46	11 90	25 73	7 28	29 83	8 46	12 34	5 06	2 52
032	1	4 19	33 46	2 70	-7 17	15 69	27 26	5 98	28 14	7 97	18 94	4 95	2 24
033	1	6 62	41 40	5 78	-6 13	18 34	11 84	16 17	47 48	5 78	19 98	7 04	2 74
034	2	8 96	24 26	10 84	-2 48	17 47	21 11	13 78	21 75	16 96	21 89	5 72	2 17
035	1	15 55	23 73	16 26	-5 66	16 32	5 88	24 78	48 21	3 21	29 56	4 79	1 55
036	1	11 55	23 59	12 15	-3 32	18 20	14 98	15 47	53 80	5 06	22 69	7 22	2 72
037	1	19 25	15 44	19 47	-6 34	11 20	18 32	25 82	54 84	5 50	40 72	14 90	2 97
038	1	5 33	42 05	5 36	-5 55	13 15	17 05	18 91	29 54	7 59	14 48	3 58	2 24
039	1	9 34	32 94	7 58	-2 65	13 31	23 11	10 23	35 28	8 72	17 82	6 79	3 08
040	1	20 69	19 29	23 20	-4 51	11 31	12 59	27 70	57 11	6 99	32 61	4 90	3 99
041	1	4 71	52 47	5 12	-2 88	11 98	26 90	6 71	20 89	12 29	10 32	3 60	2 47
042	1	6 41	38 68	5 12	-2 63	11 39	23 66	8 00	20 91	11 85	11 96	3 96	2 48
043	1	25 42	9 59	23 96	-6 47	24 00	12 83	20 91	55 67	2 87	41 87	4 48	2 44
044	1	11 17	27 78	14 43	-3 79	19 51	16 43	16 38	58 63	5 47	23 38	7 00	3 20
045	1	12 54	25 56	12 51	-4 82	11 99	12 79	17 43	54 35	4 70	22 73	5 29	2 56
046	1	11 02	23 20	12 61	-3 45	11 29	15 57	10 35	30 69	8 04	13 21	2 66	2 47
047	1	6 38	29 99	6 93	-1 87	13 02	18 96	11 81	30 20	15 34	15 85	4 04	4 63
048	1	9 34	26 42	8 68	-3 78	14 87	24 01	11 38	40 56	8 80	17 98	6 68	3 57
049	1	11 20	41 37	8 74	-3 06	11 64	28 18	12 50	38 13	6 70	19 79	7 28	2 55
050	1	8 88	40 22	7 53	-2 92	11 05	16 95	26 64	70 96	4 58	36 43	9 79	3 25
051	1	9 17	27 83	9 04	-7 02	11 05	22 13	17 58	57 75	6 39	23 43	5 85	3 69
052	1	17 09	19 84	19 61	-2 34	11 11	28 69	19 45	55 43	5 09	28 75	9 30	2 82
053	1	6 24	36 70	5 72	-4 16	11 57	15 31	13 52	44 14	5 54	21 17	7 65	2 45
054	1	14 13	26 11	13 33	-3 74	11 11	21 18	12 42	32 63	6 78	19 41	6 99	2 21
055	1	8 61	28 38	9 36	-5 19	11 97	15 90	8 97	34 57	6 97	14 22	5 25	2 41
056	1	8 49	26 86	8 68	-3 25	11 52	22 30	16 37	53 44	5 79	24 32	7 94	3 10
057	1	6 56	36 73	6 06	-2 91	11 38	21 18	9 73	31 36	8 90	13 46	3 73	2 79
058	1	11 17	27 72	11 18	-2 34	11 58	13 44	13 75	28 46	7 50	15 55	1 81	2 13
059	1	7 57	36 89	6 48	-1 94	10 67	16 49	5 35	13 46	16 01	8 29	2 94	2 15
060	1	4 38	49 16	3 02	-3 72	11 47	24 08	11 16	41 75	6 84	12 62	3 70	1 76
061	1	7 01	25 10	6 98	-3 95	11 72	19 01	9 49	28 57	7 80	12 70	3 21	2 23
062	1	8 85	39 99	7 44	-5 15	20 99	12 91	20 90	55 57	5 57	23 55	2 65	3 10
063	1	7 69	39 98	7 15	-5 43	16 44	14 66	17 91	63 80	4 83	25 46	7 55	3 08
064	1	15 53	19 94	16 95	-4 56	16 35	12 87	14 83	44 81	5 15	19 81	5 78	2 41
065	1	12 30	25 03	12 76	-4 56	16 35	12 87	14 25	56 98	3 69	19 66	5 41	2 18
066	1	8 18	29 44	8 68	1 36	19 85	21 81	15 52	30 98	13 98	12 22	-3 30	4 33

FID	NR	GB0	P0	WK01	D01	GB1	P1	WK11	GE2	P2	WK21	D21	GB1
001.1	27.02	8.53	33.26	-2.12	11.37	37.69	6.12	35.38	90.39	2.55	55.73	20.35	2.31
002.1	17.63	18.28	19.84	-1.33	11.24	24.39	13.21	21.17	56.22	5.73	23.58	2.41	3.22
003.1	19.90	13.55	20.58	-1.94	11.25	25.22	10.70	22.52	41.33	6.53	30.88	8.36	2.70
004.1	8.60	27.79	10.77	-3.45	11.16	16.61	14.39	14.22	34.29	6.97	16.91	2.69	2.39
005.1	9.73	38.64	7.23	-1.17	11.12	16.16	30.93	8.40	28.69	13.11	12.32	4.92	3.76
006.1	12.72	34.44	11.59	-2.09	11.08	24.25	20.61	11.19	28.23	13.76	17.13	3.45	4.38
007.1	8.25	35.20	8.23	-2.96	11.14	14.09	20.61	11.19	28.23	13.76	17.13	3.45	4.38
008.1	7.73	28.77	7.18	-1.10	11.10	10.50	21.18	8.28	16.77	13.26	9.47	1.20	2.22
009.1	11.21	13.94	14.25	0.61	11.15	15.76	9.91	14.20	31.94	4.89	15.18	9.99	1.56
010.1	9.38	35.19	10.87	-2.83	11.17	17.01	19.42	13.70	31.56	10.46	15.00	1.30	3.30
011.1	11.10	32.04	10.11	-2.91	11.16	16.57	21.45	13.82	47.20	7.53	18.44	5.42	3.56
013.1	13.48	24.83	15.10	-1.66	11.20	16.25	16.65	16.77	43.10	7.77	17.36	0.80	3.35
014.1	7.06	33.79	7.25	-2.73	11.12	13.71	19.29	9.98	23.63	10.10	12.43	2.44	2.39
015.1	17.08	17.72	17.75	-3.43	11.24	21.21	12.58	21.18	51.99	5.82	22.81	1.63	3.03
016.1	12.14	24.17	12.27	-2.00	11.17	17.20	17.07	14.26	31.91	9.20	17.68	3.42	2.94
017.1	9.91	37.83	8.74	-1.40	11.13	13.88	27.01	10.13	27.44	13.66	11.66	1.52	3.75
018.1	13.13	26.42	13.20	-1.65	11.18	18.32	18.94	14.85	28.16	12.32	13.92	-9.93	3.47
019.1	15.26	19.74	17.37	-3.42	11.23	13.79	12.66	20.79	45.53	6.62	22.38	2.19	3.01
020.1	7.46	27.38	7.85	-0.61	11.10	10.75	18.99	8.71	21.18	9.99	8.51	-2.01	2.84
021.1	10.17	29.27	9.18	-5.31	11.23	12.68	23.47	9.70	32.42	9.18	12.84	3.14	2.98
023.1	9.95	24.50	10.75	-6.55	11.13	8.33	17.63	11.40	28.61	8.52	14.41	3.02	2.44
024.1	15.40	20.44	18.59	-2.55	11.24	24.29	12.96	21.14	62.90	5.00	38.31	9.17	3.15
025.1	28.28	12.15	14.36	-4.84	11.42	6.55	8.08	39.20	77.67	4.44	47.10	7.98	3.45
026.1	10.10	20.62	11.70	-1.71	11.21	12.13	12.13	15.19	43.90	4.74	18.44	3.34	2.06
027.1	16.98	14.44	20.11	-1.35	11.23	23.93	18.24	21.48	57.60	4.26	26.55	5.07	2.45
028.1	12.09	27.94	11.82	-2.59	11.17	17.79	18.99	14.41	33.70	10.02	14.32	-0.09	3.38
029.1	10.40	21.15	11.44	-1.28	11.14	14.91	14.74	12.71	23.72	9.27	12.77	0.85	2.20
031.1	10.67	27.24	10.50	-2.96	11.16	16.37	17.75	13.46	32.73	8.88	21.48	8.02	2.91
032.1	18.08	14.49	20.55	-4.36	11.27	27.53	9.52	24.91	66.48	3.94	32.38	8.48	2.52
400.1	8.68	39.22	7.39	-9.31	11.71	29.07	29.07	8.30	23.77	14.32	18.02	1.72	3.40
500.1	13.09	22.76	13.24	-2.31	11.18	18.52	16.09	15.54	37.35	7.98	16.58	1.83	2.98
700.1	7.29	41.24	5.84	-2.14	11.10	10.98	27.37	7.98	32.09	9.37	13.17	5.19	3.01
800.1	6.59	31.89	6.21	-5.91	11.81	8.91	23.61	6.80	22.55	9.33	8.66	1.86	2.10
900.1	9.58	32.00	9.70	-2.14	11.41	14.91	20.57	11.84	37.26	8.23	15.36	3.52	3.07
000.2	12.06	18.24	14.59	-8.81	11.67	17.67	12.45	15.47	47.45	4.64	16.24	7.77	2.20
000.3	6.45	30.39	6.15	-2.41	11.86	17.37	6.23	46.46	21.83	8.98	9.00	2.61	1.96
001.1	18.70	8.17	23.10	-3.58	11.28	21.21	5.41	26.69	143.67	3.50	26.72	0.73	1.53
002.1	11.35	29.97	10.94	-5.24	11.19	19.58	17.36	16.18	145.78	7.43	18.93	2.74	3.40
003.1	16.99	12.74	17.73	-3.25	11.23	14.14	9.35	20.98	138.90	5.56	29.30	8.32	2.16
004.1	7.50	31.46	8.91	-3.52	11.14	14.79	15.96	12.43	128.00	8.43	13.63	1.20	2.36
005.1	9.79	33.36	7.90	-9.95	11.12	12.12	26.96	8.85	130.58	10.68	14.50	5.65	3.07
006.1	16.74	30.41	16.19	-6.72	11.26	10.18	22.91	151.35	9.91	28.59	5.69	3.29	3.09
007.1	6.87	49.68	4.70	-2.38	11.10	18.09	29.88	7.08	117.99	16.77	8.87	1.79	3.02
008.1	7.76	28.04	7.28	-1.63	11.11	11.09	19.63	8.94	117.57	12.39	18.00	1.89	2.18
009.1	18.43	11.46	24.11	-6.40	11.32	6.22	6.47	38.51	170.91	2.98	34.24	3.73	2.11
010.1	10.79	29.92	13.51	-5.92	11.22	22.66	14.24	19.43	140.96	7.88	19.92	4.80	3.23
011.1	12.19	29.86	11.46	-2.33	11.17	17.42	20.88	13.78	149.51	7.35	19.36	5.98	3.64
013.1	12.69	26.66	13.86	-3.11	11.20	16.62	16.97	14.66	7.22	19.18	2.21	2.38	2.38
014.1	6.50	35.81	6.47	-2.59	11.11	11.39	20.44	9.06	20.89	11.14	10.89	1.83	2.33
015.1	11.19	23.54	10.81	-5.31	11.13	13.97	18.86	11.34	28.06	9.39	11.94	6.11	2.63
016.1	11.15	39.18	9.04	-8.91	11.42	29.51	30.51	9.93	22.92	13.02	11.62	1.69	4.36
017.1	10.82	35.02	9.97	-7.77	11.14	14.53	26.09	10.74	125.92	14.62	18.92	3.25	3.79
018.1	10.80	25.29	11.02	-1.81	11.15	15.66	18.33	16.81	36.18	8.73	15.96	3.13	2.73
019.1	15.20	17.42	17.80	-3.22	11.23	23.67	11.19	21.02	47.42	8.55	24.14	3.12	2.65
020.1	8.71	24.43	9.53	-1.10	11.12	12.76	16.68	10.63	26.37	9.07	11.02	1.39	2.13
021.1	15.46	25.51	14.70	-1.69	11.20	20.33	19.40	16.39	49.59	7.95	19.85	3.46	3.94
023.1	13.23	19.41	15.26	-4.81	11.22	22.63	11.35	20.06	39.62	6.49	20.31	2.51	2.57
024.1	10.83	24.31	12.43	-2.87	11.17	17.93	14.67	15.38	32.02	8.22	15.01	-2.91	2.63
025.1	8.93	20.53	9.82	-2.61	11.14	27.17	12.85	12.43	29.88	6.28	17.68	5.24	1.83
026.1	7.59	22.57	8.58	-1.35	11.11	11.65	14.72	9.93	20.88	5.93	11.99	2.06	1.71
027.1	14.52	26.08	14.87	-4.11	11.19	19.07	19.86	15.28	48.08	7.88	21.50	6.22	3.79
028.1	9.46	38.43	7.90	-1.98	11.13	51.11	26.89	9.88	26.27	13.83	18.79	9.11	3.63
029.1	10.92	18.95	12.36	-1.68	11.16	16.10	12.79	14.04	24.94	8.26	12.54	-5.80	2.86
031.1	5.84	52.58	3.75	-1.86	11.88	8.68	35.39	5.61	14.23	21.59	9.31	2.71	3.87
200.1	9.50	21.41	10.13	-1.91	11.12	12.96	17.48	9.99	24.87	8.33	12.84	2.85	2.87
400.1	9.98	37.13	8.79	-3.13	11.15	15.63	23.70	11.92	37.25	9.95	16.33	4.40	3.70
500.1	11.11	29.09	10.31	-1.33	11.14	14.87	21.73	11.64	27.42	11.78	11.78	1.40	3.23
700.1	18.14	16.74	20.59	-3.00	11.26	6.22	11.40	23.59	46.04	6.59	19.34	-4.24	3.84
800.1	11.45	26.67	11.62	-3.29	11.17	17.97	17.00	14.92	45.57	6.70	17.98	2.80	3.06
900.1	18.09	27.12	10.95	-5.01	11.42	26.11	19.19	11.52	33.16	8.25	13.67	-2.14	2.74
000.2	12.67	19.32	15.10	-9.91	11.82	18.32	13.18	16.85	44.67	5.47	15.19	-9.80	2.44
000.3	7.64	35.40	6.77	-2.20	11.11	11.67	23.18	8.97	32.01	8.45	13.26	4.29	2.71

Tab. Nr. 5: Untersuchungskollektiv ^{99m}Tc-Pyrophosphat, Meßpunkt: Kniegelenk unten (n = 72)

LFD NR	G00	P0	HK01	D01	G01	P1	HK11	G02	P2	HK21	D21	G01									
001	1	17 10	11 78	20 40	I	-1 00	II 24 22	I	8 36	I	22 20	I 35 20	I	5 75	I	21 13	I	-1 06	II	2 02	I
002	1	14 38	13 09	13 25	I	1 25	II 16 75	I	20 40	I	12 00	I 29 91	I	15 91	I	11 47	I	-52	II	4 76	I
003	1	13 00	17 79	13 59	I	-1 00	II 15 96	I	15 41	I	13 41	I 20 00	I	12 21	I	14 23	I	81	II	2 44	I
004	1	8 65	32 11	10 17	I	-2 01	II 13 17	I	17 62	I	12 08	I 25 39	I	10 93	I	12 10	I	-88	II	2 78	I
005	1	10 90	55 09	5 93	I	1 33	II 10 59	I	56 66	I	4 59	I 13 17	I	45 97	I	4 34	I	-25	II	6 00	I
006	1	12 56	37 35	10 94	I	-29	II 15 92	I	29 48	I	11 23	I 19 19	I	24 45	I	9 34	I	-1 69	II	4 69	I
007	1	9 27	46 39	7 65	I	-40	II 12 34	I	34 84	I	8 04	I 15 78	I	27 24	I	7 03	I	-1 01	II	4 30	I
008	1	10 68	35 62	9 36	I	-1 33	II 14 09	I	26 99	I	10 29	I 16 46	I	23 09	I	8 48	I	-1 80	II	3 80	I
009	1	9 52	31 61	9 62	I	-1 25	II 13 08	I	21 67	I	10 87	I 22 06	I	13 64	I	9 72	I	-1 15	II	3 01	I
010	1	10 36	32 24	12 55	I	-38	II 16 27	I	20 53	I	12 93	I 20 72	I	16 11	I	9 37	I	-3 56	II	3 34	I
011	1	11 36	47 14	8 94	I	-98	II 14 37	I	37 25	I	9 02	I 24 32	I	22 01	I	8 33	I	-69	II	5 35	I
013	1	14 00	18 08	17 09	I	1 87	II 17 75	I	14 26	I	15 22	I 29 89	I	8 47	I	12 11	I	-3 12	II	2 53	I
014	1	7 39	42 85	6 45	I	-2 15	II 11 85	I	27 42	I	8 60	I 18 22	I	17 84	I	8 94	I	33	II	3 25	I
015	1	9 46	21 03	9 44	I	-2 39	II 12 61	I	14 62	I	11 62	I 20 98	I	9 48	I	8 92	I	-2 70	II	1 99	I
016	1	12 56	25 80	12 41	I	-31	II 15 34	I	21 13	I	12 48	I 20 92	I	15 49	I	10 97	I	-1 14	II	3 24	I
017	1	9 92	37 41	8 81	I	-56	II 13 08	I	20 38	I	9 37	I 21 81	I	17 02	I	8 99	I	-3 75	II	3 58	I
018	1	9 52	31 22	8 94	I	-48	II 12 39	I	23 97	I	9 42	I 22 85	I	13 00	I	11 23	I	1 80	II	2 97	I
019	1	12 69	28 10	12 93	I	-94	II 17 44	I	20 51	I	13 86	I 21 84	I	16 38	I	10 11	I	-3 75	II	3 58	I
020	1	9 80	18 65	11 54	I	-85	II 12 52	I	14 60	I	10 69	I 16 73	I	10 92	I	6 82	I	-3 87	II	1 83	I
021	1	9 10	29 10	8 24	I	-97	II 10 96	I	24 17	I	8 31	I 20 79	I	12 74	I	7 98	I	-33	II	2 65	I
022	1	9 65	40 94	8 15	I	-3 69	II 15 80	I	25 81	I	11 85	I 18 51	I	21 34	I	6 30	I	-3 55	II	3 95	I
023	1	12 97	22 13	15 33	I	-69	II 18 89	I	15 19	I	16 02	I 23 98	I	11 97	I	10 89	I	-5 13	II	2 87	I
025	1	5 14	40 44	4 26	I	-26	II 8 58	I	24 06	I	6 51	I 15 29	I	13 50	I	8 58	I	2 06	II	2 06	I
026	1	11 52	32 16	11 40	I	-1 86	II 16 97	I	21 03	I	15 44	I 22 48	I	15 58	I	9 13	I	-6 31	II	4 18	I
027	1	14 59	28 62	14 43	I	-1 02	II 19 62	I	21 29	I	12 27	I 23 34	I	15 07	I	8 88	I	-4 38	II	3 70	I
028	1	10 39	24 34	10 66	I	-1 65	II 14 84	I	17 04	I	12 31	I 25 96	I	10 89	I	10 64	I	-1 67	II	2 53	I
029	1	11 92	34 51	10 89	I	-1 25	II 16 26	I	25 31	I	12 14	I 20 13	I	20 44	I	9 79	I	-2 35	II	4 11	I
031	1	6 39	44 80	4 84	I	-80	II 13 37	I	38 19	I	9 34	I 19 23	I	21 00	I	7 62	I	-4 39	II	2 29	I
200	1	11 70	49 59	12 50	I	-80	II 13 37	I	38 19	I	9 34	I 19 23	I	21 00	I	7 62	I	-4 39	II	2 29	I
400	1	11 27	35 83	10 13	I	-80	II 13 37	I	38 19	I	9 34	I 19 23	I	21 00	I	7 62	I	-4 39	II	2 29	I
500	1	14 59	21 23	15 04	I	3 31	II 14 83	I	20 88	I	11 74	I 19 24	I	16 12	I	7 94	I	-3 80	II	3 10	I
600	1	13 28	29 08	12 84	I	1 15	II 15 55	I	24 84	I	11 69	I 25 96	I	14 87	I	10 13	I	-1 54	II	3 86	I
700	1	9 78	21 73	9 16	I	1 83	II 12 21	I	25 21	I	9 13	I 22 25	I	13 83	I	8 22	I	-91	II	3 08	I
800	1	8 48	39 10	7 69	I	-1 68	II 12 60	I	26 52	I	9 29	I 18 57	I	17 86	I	7 03	I	-2 26	II	3 32	I
000	2	11 89	27 83	11 85	I	1 24	II 13 69	I	22 54	I	10 61	I 26 29	I	11 74	I	8 47	I	-2 14	II	3 09	I
000	3	10 12	18 05	11 37	I	1 78	II 11 42	I	15 99	I	9 59	I 17 78	I	10 28	I	7 25	I	-2 35	II	1 83	I
001	1	15 64	10 93	18 74	I	-46	II 20 91	I	8 10	I	19 20	I 26 92	I	6 35	I	16 08	I	-3 12	II	1 71	I
002	1	14 39	10 56	16 14	I	2 66	II 16 15	I	16 54	I	13 47	I 28 12	I	9 50	I	11 42	I	-2 85	II	2 67	I
003	1	19 25	13 90	19 83	I	4 15	II 18 39	I	14 59	I	15 67	I 28 63	I	12 97	I	14 58	I	-1 10	II	2 68	I
004	1	9 65	36 44	10 64	I	-1 71	II 15 86	I	22 18	I	12 34	I 23 04	I	15 27	I	10 56	I	-1 78	II	3 52	I
005	1	6 43	54 52	3 54	I	-31	II 7 36	I	47 65	I	3 05	I 10 66	I	33 09	I	4 04	I	-19	II	3 54	I
006	1	7 45	34 08	6 82	I	-40	II 8 96	I	28 33	I	6 42	I 12 44	I	20 40	I	6 30	I	-12	II	2 54	I
007	1	7 65	40 83	6 97	I	-1 11	II 11 20	I	27 90	I	8 87	I 16 24	I	19 24	I	7 82	I	-25	II	3 12	I
008	1	9 76	36 41	8 09	I	-2 41	II 14 05	I	25 30	I	10 50	I 15 82	I	22 46	I	8 20	I	-2 29	II	3 55	I
009	1	10 07	27 42	10 80	I	-1 12	II 14 68	I	18 60	I	11 92	I 26 14	I	10 56	I	11 84	I	-98	II	2 76	I
010	1	8 94	30 11	11 17	I	-1 77	II 15 63	I	17 22	I	13 94	I 28 13	I	13 44	I	9 28	I	-3 66	II	2 69	I
011	1	9 31	44 45	6 93	I	-2 41	II 13 47	I	30 71	I	9 33	I 22 38	I	18 49	I	7 93	I	-1 41	II	4 14	I
013	1	11 41	18 77	13 81	I	1 29	II 14 66	I	14 61	I	12 52	I 23 96	I	8 94	I	9 67	I	-2 85	II	2 14	I
014	1	7 04	41 16	6 43	I	-2 50	II 11 83	I	24 51	I	8 93	I 18 48	I	15 69	I	9 25	I	32	II	2 90	I
015	1	10 47	15 54	11 17	I	-75	II 12 04	I	33 51	I	8 72	I 20 53	I	23 49	I	9 97	I	1 25	II	4 43	I
016	1	10 93	44 11	8 14	I	-58	II 13 55	I	35 60	I	10 51	I 28 33	I	24 79	I	8 01	I	-56	II	2 93	I
017	1	11 96	37 04	10 68	I	1 16	II 14 91	I	29 65	I	10 88	I 21 19	I	13 83	I	10 33	I	-37	II	1 37	I
018	1	11 95	24 58	12 32	I	1 44	II 13 81	I	21 20	I	12 01	I 20 18	I	11 66	I	9 75	I	-2 25	II	2 35	I
019	1	12 44	18 92	14 30	I	2 30	II 14 36	I	16 39	I	16 10	I 23 29	I	13 84	I	9 88	I	-6 22	II	3 22	I
020	1	8 86	20 12	10 25	I	1 88	II 10 15	I	17 55	I	8 37	I 15 18	I	11 74	I	6 14	I	-2 23	II	1 78	I
021	1	12 25	23 91	11 89	I	2 89	II 11 93	I	24 55	I	9 00	I 24 63	I	11 89	I	9 53	I	53	II	2 93	I
022	1	9 95	40 89	8 42	I	-2 46	II 14 95	I	27 23	I	10 88	I 19 05	I	21 37	I	8 54	I	-2 34	II	4 07	I
023	1	13 72	22 40	16 16	I	1 85	II 17 38	I	17 68	I	14 31	I 24 97	I	12 31	I	11 30	I	-3 01	II	3 07	I
024	1	5 69	24 96	5 90	I	-2 27	II 9 62	I	14 24	I	8 25	I 13 63	I	10 05	I	7 88	I	-37	II	1 37	I
025	1	11 07	25 10	12 09	I	1 47	II 13 40	I	16 68	I	10 62	I 20 00	I	13 88	I	7 75	I	-2 87	II	2 78	I
026	1	15 47	20 84	16 97	I	8 6	II 19 33	I	16 68	I	16 10	I 23 29	I	13 84	I	9 88	I	-6 22	II	3 22	I
027	1	10 01	18 43	11 07	I	1 27	II 11 65	I	15 84	I	9 80	I 20 72	I	8 90	I	8 09	I	-91	II	1 84	I
028	1	11 87	27 38	12 83	I	-21	II 15 49	I	21 00	I	12 24	I 13 19	I	16 95	I	9 64	I	-2 59	II	3 25	I
029	1	7 38	41 30	8 85	I	-42	II 9 32	I	32 75	I	6 27	I 12 33	I	24 75	I	6 98	I	72	II	3 05	I
200	1	11 86	22 70	12 18	I	-69	II 14 10	I	18 98	I	11 49	I 17 66	I	15 25	I	8 04	I	-3 45	II	2 69	I
400	1	10 25	37 81	8 93	I	-85	II 11 95	I	32 42	I	8 00	I 20 53	I	23 49	I	9 97	I	1 25	II	4 43	I
500	1	12 89	21 84	13 19	I	1 40	II 14 60	I	19 28	I	11 79	I 19 94	I	21 74	I	7 01	I	-1 06	II	3 87	I
600	1	10 82	36 49	8 84	I	-1 13	II 13 71	I	27 20	I	9 98	I 21 44	I	17 39	I	8 15	I	-1 79	II	3 73	I
700	1	9 72	33 97	8 20	I	-73	II 12 75	I	24 26	I	8 98	I 20 60	I	16 03	I	7 45	I	-1 53	II	3 18	I
800	1	9 64	18 48	11 70	I	-11	II 12 29	I													

lfd.	"3 - 2"			"3 - 1"			"2 - 1"		
Nr.	WK01	WK11	WK21	WK01	WK11	WK21	WK01	WK11	WK21
001	-4.49	0.20	-1.94	-10.40	-9.99	-7.25	-5.91	-10.01	-5.31
003	3.32	0.75	0.25	-1.82	-1.01	-2.14	-5.14	-1.77	-2.39
003	0.34	1.66	0.06	-7.82	-1.24	-2.03	-8.16	-2.90	-2.09
004	-0.85	-3.46	-2.44	-0.66	-4.27	-3.97	0.19	-0.82	-1.52
005	0.44	1.26	-1.08	5.76	8.44	3.83	5.32	7.17	4.92
005	0.30	-0.15	-1.73	8.22	7.47	3.41	7.92	7.62	5.14
007	0.98	1.03	-1.05	0.76	3.94	1.30	-0.22	2.90	2.35
008	-6.40	-4.68	-2.74	-3.78	-4.09	-2.28	2.62	0.58	0.46
008	-6.50	-4.89	-3.21	-2.76	-4.88	-1.87	3.74	0.02	1.35
009	-4.43	-4.96	-1.53	-1.88	-1.51	-0.46	2.55	3.44	-1.48
010	0.18	1.09	1.70	-0.34	-2.22	0.07	-0.52	-3.30	-1.45
011	-0.48	-0.65	-0.08	3.68	0.68	-0.13	4.17	1.33	-0.05
013	5.44	2.45	1.58	-1.07	-1.25	-1.09	-6.51	-3.70	-2.67
013	4.15	3.03	1.67	-0.88	0.34	-0.07	-2.00	-2.69	-1.73
014	-0.58	-0.82	0.50	1.89	0.89	0.16	2.47	1.71	-0.34
014	-1.16	-0.66	0.02	2.15	-0.17	0.95	3.52	0.50	0.98
015	3.75	2.26	3.13	1.20	0.19	2.75	-2.55	2.07	-0.56
016	-2.99	-1.17	1.48	-2.25	-1.49	-0.64	0.74	-0.32	-2.12
017	-2.81	-1.98	-1.75	0.29	0.98	0.12	3.10	2.96	1.87
019	-5.80	-5.57	-1.78	-5.38	-6.53	-3.00	0.41	-0.96	-1.22
019	-4.49	-3.71	-2.47	-6.74	-4.94	-3.41	-2.55	-1.23	-0.94
021	5.83	5.45	5.02	-1.73	2.82	2.54	-7.56	-2.62	-2.47
023	-0.57	-1.08	-1.65	0.69	-1.68	-2.20	1.26	-0.60	-0.55
024	2.53	-3.02	1.49	-0.28	2.64	-1.40	-2.81	5.65	-2.89
025	-0.55	-0.40	1.03	3.59	4.30	3.06	4.14	4.69	2.03
025	0.99	0.17	1.31	5.50	3.90	3.35	4.51	3.74	2.04
	0.16	0.68	0.53	0.54	0.33	0.37	0.64	0.72	0.11
	±2.00	±2.73	±3.48	±4.21	±4.16	±2.63	±2.41	± 3.77	±4.27

Tab. Nr. 7: Auflistung der Differenzen des rel. Inhalts von $^{99m}\text{Tc-PyP}$ im Weichteil-Knochen-Pool der Tibiamitten von analgetisch bestrahlter Gonarthrosen unmittelbar vor und nach Bestrahlung („2 - 1“) und 8 Wochen nach Bestrahlung („3 - 1“ sowie 3 - 2“).

lfd.	"3 - 2"			"3 - 1"			"2 - 1"		
Nr.	WK01	WK11	WK21	WK01	WK11	WK21	WK01	WK11	WK21
001	-1.36	-1.38	-11.39	-13.21	-15.58	-21.53	-11.85	-14.20	-10.14
003	-0.97	1.61	3.00	-1.24	-0.50	-10.20	-0.28	-2.10	-13.20
003	1.69	2.27	2.48	-2.25	-1.54	-5.96	-4.22	-3.81	-8.44
004	-0.88	-2.23	-1.26	-2.13	-4.93	-5.53	-2.05	-2.70	-3.26
005	-5.07	-9.26	-15.51	6.99	10.46	14.42	12.06	19.71	29.93
005	-6.45	-8.46	-11.14	8.50	13.53	18.61	15.01	22.00	29.74
007	10.45	13.72	12.40	13.83	16.15	15.35	3.39	2.43	2.95
008	-4.49	-5.05	-4.29	-2.71	-2.64	-1.96	1.78	2.41	2.34
008	-4.84	-4.53	-4.31	-2.44	-2.23	-1.66	2.41	2.30	2.65
009	-10.18	-11.96	-13.30	-5.24	-0.84	8.70	4.94	11.12	16.76
010	-0.53	-1.76	-1.55	-0.52	-3.79	-4.96	0.10	-2.03	-3.41
011	-0.91	3.39	3.22	-0.63	5.54	3.19	0.28	2.15	-0.20
013	1.68	1.11	1.26	-0.76	-1.58	-2.49	-2.44	-2.69	-3.75
013	1.34	1.03	1.73	-1.23	-1.50	-2.46	-2.57	-2.54	-4.18
014	-2.60	-1.06	-1.20	1.97	1.71	0.30	4.57	2.77	1.50
014	-1.98	-1.39	-1.40	1.22	0.82	0.47	3.20	0.68	0.93
015	6.50	5.25	7.22	0.16	-0.45	-0.42	-6.34	-5.70	-7.64
016	0.21	0.33	-1.38	-1.03	0.13	-1.67	1.24	-0.19	-0.29
017	-5.94	-7.29	-9.42	0.73	-1.29	-2.98	6.67	6.00	6.43
019	-3.07	-3.60	-4.47	-6.19	-9.15	-9.85	-3.12	-5.56	-5.38
019	-2.55	-4.74	-4.54	-5.45	-8.71	-9.44	-2.90	-3.97	-4.90
021	4.90	5.48	6.72	7.63	10.44	12.59	2.73	4.96	5.87
023	-3.59	-5.62	-8.30	-3.33	-5.38	-8.57	0.26	0.24	0.27
024	6.20	9.42	11.75	5.33	8.11	4.53	0.87	-1.31	-7.22
025	-8.77	-9.06	-12.44	0.04	0.46	8.06	8.72	9.52	20.51
025	-2.40	-3.64	-2.52	1.63	3.27	5.42	4.03	6.91	7.95

Zusammenstellung der Ergebnisse siehe Text S. 29

Tab. Nr. 8: Auflistung der Differenzen des rel. Inhalts von $^{99m}\text{Tc-Pyp}$ im Weichteil-Knochen-Pool von analgetisch bestrahlter Gonarthrosen am Kniegelenk von oben gemessen unmittelbar vor („1“) und nach Bestrahlung („2“) sowie 8 Wochen nach Bestrahlung („3“).

Tibiamitten der unbestrahlten Gelenke

lfd.	"3 - 2"			"3 - 1"			"2 - 1"		
Nr.	WKO1	WK11	WK21	WKO1	WK11	WK21	WKO1	WK11	WK21
001	-2.45	-0.17	-0.55	-9.17	-8.15	-5.59	-6.72	-7.97	-5.04
004	-1.12	-1.00	-2.34	-2.71	-4.72	-3.54	-1.59	-3.73	-1.20
007	2.52	0.68	0.57	5.48	3.29	2.18	2.95	2.44	2.75
009	-4.43	-4.96	-1.53	-1.88	-1.51	-0.46	2.55	3.44	1.07
010	-2.25	1.21	1.02	-4.91	-1.58	-1.40	-2.66	-2.79	-2.42
011	-0.72	0.38	0.15	3.00	3.55	0.41	3.73	3.17	0.27
015	3.48	2.58	1.95	-0.18	1.07	1.11	-3.65	-1.50	0.84
016	-0.80	-1.03	1.40	1.76	1.21	0.17	2.57	2.25	-1.23
017	-3.70	-2.48	-1.60	-0.63	0.21	0.18	3.07	2.69	1.78
021	4.57	5.07	3.81	2.20	2.97	2.84	-2.37	-2.10	-0.97
023	-1.32	-1.58	-0.77	0.48	-3.25	-2.20	1.80	-1.67	-1.44
024	3.41	2.67	2.38	-0.41	-0.65	-1.22	-3.82	-3.32	-3.60
	-0.23	0.11	0.37	-0.58	-0.63	-0.62	-0.34	-0.75	0.76
	±2.99	±2.64	±1.83	±3.84	±3.49	±2.37	±3.50	±3.55	±2.25

"Kniegelenk oben" der unbestrahlten Gelenke

001	-1.51	-0.46	-1.68	-10.39	-11.94	-10.56	-8.88	-11.48	-8.88
004	-1.38	-1.33	-1.59	-1.54	-4.06	-4.72	0.16	-2.73	-3.12
007	0.49	0.51	1.66	3.90	3.19	3.06	3.41	2.68	1.40
009	0.92	-1.77	-1.33	-3.46	-3.27	-1.66	-2.54	-1.51	0.33
010	0.17	1.12	1.30	-2.40	-3.03	-2.84	-2.24	-4.15	-4.15
011	-1.33	1.83	1.66	-2.89	1.36	0.21	-1.56	0.48	-1.45
015	1.64	2.37	2.54	-1.90	0.38	0.52	-3.54	-2.75	-3.06
016	2.83	1.79	1.45	1.00	0.52	0.11	-1.82	-1.27	-1.35
017	-7.31	-7.40	-9.42	0.87	-1.90	-3.83	6.54	5.50	5.59
021	1.54	2.75	5.87	7.77	12.16	16.52	6.23	9.41	10.56
023	-1.57	-2.66	-4.02	-3.13	-4.19	-4.50	-1.56	-1.53	0.48
024	12.39	14.51	15.06	10.19	11.45	9.46	-2.19	-3.06	-5.60
	0.57	0.93	0.95	0.16	0.06	0.14	0.66	0.86	0.77
	±4.52	±5.11	±5.86	±5.48	±6.68	±7.08	±4.30	±5.19	±5.12
Nr.	WKO1	WK11	WK21	WKO1	WK11	WK21	WKO1	WK11	WK21
lfd.	"3 - 2"			"3 - 1"			"2 - 1"		

Tab. Nr. 9 u. 10: Ablistung der Differenzen des rel. Inhalts von $^{99m}\text{Tc-PyP}$ im Weichteil-Knochen-Pool von nicht bestrahlten Kniegelenken bzw. den zugehörigen Unterschenkelmitten in dem Bestrahlungskollektiv „Gonarthrosen“.

9. ANHANG

M E S S B L A T T
=====

lfd. Nr.:..... Geb. Dat.:..... Name:..... Vorname:.....

Datum:..... Gruppe: Inj. Aktivität:.....

Inj.-zeit Tc-Pyp:..... Inj.-zeit In:..... Meßzeit In:..... Meßzeit Tc-Pyp:.....

Meßpunkt	T 0 = 5' p.i.	T 1 = 18' p.i.	T 60 = 60' p.i.	T 2 = 120' p.i.	T In = 5' p.i. In
re KG					
li KG					
re KG u					
li KG u					
re TM					
li TM					
Blut					

KG = Kniegelenk u = unten TM = Tibiamitte

Name, Vorname geb.
 Anschrift
 überwiesen durch

Beschwerden im Kniegelenk seit Trauma ja / nein
wann Erguß ja / nein
Morgensteifigkeit ja / nein

Injektionen im Kniegelenk	1.	2.	3.
wann			
was			
wieviele			

Physikalische Therapie

wann

WO

was (E = Elektro, M = Massage)
(B = Bäder, S = Sonstiges)

Klinischer Befund

Rötung

Schwellung

Schmerzen

Überwärmung

Erguss

1. Umfang am	cm
2. Umfang am	cm
3. Umfang am	cm

	re.	li.
Röntgenbefund: Arthrose Grad — — (0) (I) (II) (III) (IV)		(0) (I) (II) (III) (IV)

Bestrahlung von bis mit rd, MD
(..... rd, MD/Woche)

Subjektive Besserung ja/nein

```

PD. FC
FC GELADEN
BCD IN,BCD OUT,BIN OUT:CTM
COMPILER READY
00001 C DR ARB MS LISTE R+L
00002 C -----
00003 REAL GB0(50),P0(50),WK01(50),D01(50),WA01(50),GB1(50),P1(50)
00004 REAL WK11(50),GB2(50),P2(50),WK21(50),D20(50),D21(50),GB1(50)
00005 REALIK01(50),IK21(50),GA02(50),GA12(50),GA01(50),WA02(50),WA12(50)

00006 REAL DB21(50),DB20(50),DB01(50),Q0(50)
00007 REAL Q1(50),Q2(50),QIN(50)
00008 REAL FELD(1400)
00009 EQUIVALENCE(GB0(1),FELD(1)),(P0(1),FELD(51)),(WK01(1),FELD(101)),
00010 1 (D01(1),FELD(151)),(WA01(1),FELD(201)),(GB1(1),FELD(251)),
00011 2 (P1(1),FELD(301)),(WK11(1),FELD(351)),(GB2(1),FELD(401)),
00012 3 (P2(1),FELD(451)),(WK21(1),FELD(501)),(D20(1),FELD(551)),
00013 4 (D21(1),FELD(601)),(GB1(1),FELD(651)),(IK01(1),FELD(701)),
00014 5 (IK21(1),FELD(751)),(GA02(1),FELD(801)),(GA12(1),FELD(851)),
00015 6 (GA01(1),FELD(901)),(WA02(1),FELD(951)),(WA12(1),FELD(1001)),
00016 7 (DB21(1),FELD(1051)),(DB20(1),FELD(1101)),(DB01(1),FELD(1151)),
00017 8 (Q0(1),FELD(1201)),(Q1(1),FELD(1251)),(Q2(1),FELD(1301)),
00018 9 (QIN(1),FELD(1351))
00019 REAL RNAME(50)
00020 REAL HWZ21(50),HWZ01(50)
00021 INTEGER HIMP(8,4)
00022 INTEGER IMP(99,4),BLE(4),BLM(4),FKZ(19),H,HZT,HZI,MD,
00023 +TIT,TII,TMT,TMI,TET(3),TEI
00024 REAL DT(4)
00025 REAL NULF(28)
00026 REAL SUX2(28)
00027 REAL S(28),ZWS(28),DRS(28),STDF(28)
00028 EQUIVALENCE
00029 1 (HWZ01(7),S(1)),(HWZ01(35),ZWS(1)),(HIMP(4,1),DRS(1)),
00030 2 (IMP(3,1),STDF(1))
00031 DATA KR,KW /105,102/
00032 DATA HZT, HZI /6,104/
00033 C -----
00034 98 CONTINUE
00035 READ (101,2001) MD
00036 C -----
00037 99 CONTINUE
00038 READ (KR,1000) N,FKZ
00039 WRITE (KW,100) FKZ
00040 C -----
00041 C NULLSETZEN
00042 DO 55 I=1,28
00043 SUX2(I)=0.0
00044 55 NULF(I)=0
00045 C -----
00046 C EINLESEN
00047 MD1=1
00048 C -----
00049 C -----
00050 999 DO 11 I=MD1,MD
00051 READ(KR,2000) RNAME(I)
00052 READ (KR,1002) ((HIMP(J,K),J=1,6),BLM(K),K=1,4)
00053 READ (KR,1001) TIT, TII, TMI, TMT, H
00054 DO 2 J=7,8
00055 DO 2 K=1,4
00056 HIMP(J,K)=HIMP(J-2,K)
00057 2 HIMP(J-2,K)=(HIMP(J-6,K)+HIMP(J-4,K))/2
00058 C -----
00059 1000 FORMAT(I1,(19A4))
00060 1001 FORMAT (4I10,A4)
00061 1002 FORMAT (7I10)
00062 2000 FORMAT(A6)
00063 2001 FORMAT(2I2)
00064 C -----
00065 C ZEITERFASSUNG

```

```

00066 C -----
00067 IF (H.NE.-3994576) TMT=TMT+2400
00068 RTMT=FLOAT(TMT)/60.0 - FLOAT(TMT/100)*2.0/3.0
00069 RDT=RTMT-FLOAT(TIT)/60. +FLOAT(TIT/100)*2./3.
00070 DT(1)=RDT-.003
00071 DT(2)=RDT-.333
00072 DT(3)=RDT-2.003
00073 TEI=TII+5
00074 DT(4) = TMI - TEI - 40 * (TMI/100 - TEI/100)
00075 C -----
00076 C HALBWERTZEITKORREKTUR
00077 C -----
00078 DO 10 J=1,3
00079 10 BLE(J)=0.5*BLM(J)*EXP(0.6931*DT(J)/HZT)
00080 BLE(4)= BLM(4)*EXP(0.6931*DT(4)/HZI)
00081 C -----
00082 C BERECHNUNG
00083 C -----
00084 DO 1 L=1,4
00085 1 IMP(I,L)=HIMP(N,L)
00086 GB0(I)=100.*IMP(I,1)/BLE(1)
00087 GB1(I)=100.*IMP(I,2)/BLE(2)
00088 GB2(I)=100.*IMP(I,3)/BLE(3)
00089 GBI(I)=100.*IMP(I,4)/BLE(4)
00090 WK 11(I)=GB1(I) -GBI(I)
00091 HWZ21(I)=GB2(I) *BLE(3)/BLE(2)*1.25
00092 IK 21(I)=GBI(I) *BLE(3)/BLE(2)
00093 WK 21(I)=HWZ21(I)-IK 21(I)
00094 D 21(I)=WK 21(I)-WK 11(I)
00095 P0(I)=100 *GBI(I)/GB0(I)
00096 P1(I)=100 *GBI(I)/GB1(I)
00097 P2(I)=100 *GBI(I)/GB2(I)
00098 HWZ01(I)=GB0(I) *BLE(1)/BLE(2)
00099 IK 01(I)=GBI(I) *BLE(1)/BLE(2)
00100 WK 01(I)=HWZ01(I)-IK 01(I)
00101 DB21(I)=IK21(I)-GBI(I)
00102 DB20(I)=IK21(I)-IK01(I)
00103 DB01(I)=IK01(I)-GBI(I)
00104 GA01(I)=IMP(I,1)/(IMP(I,2)*1.03)*100
00105 GA02(I)=IMP(I,1)*100/(IMP(I,3)*1.25)
00106 GA12(I)=IMP(I,2)*103/(IMP(I,3)*1.25)
00107 WA01(I)=WK01(I)/WK11(I)*100
00108 WA02(I)=(WK01(I)/WK21(I))*100
00109 WA12(I)=(WK11(I)/WK21(I))*100
00110 D20(I)=WK21(I)-WK01(I)
00111 D 01(I)=WK 01(I)-WK 11(I)
00112 Q0(I)=FLOAT (IMP(I,1))*2. / FLOAT (HIMP(7,1)+HIMP(8,1))
00113 Q1(I)=FLOAT (IMP(I,2))*2. / FLOAT (HIMP(7,2)+HIMP(8,2))
00114 Q2(I)=FLOAT (IMP(I,3))*2. / FLOAT (HIMP(7,3)+HIMP(8,3))
00115 QIN(I)=FLOAT (IMP(I,4))*2. / FLOAT (HIMP(7,4)+HIMP(8,4))
00116 C -----
00117 C AUFSUMMIERUNG
00118 C -----
00119 DO 50 K=1,20
00120 J=(K-1)*50+1
00121 SUX2(K)=SUX2(K)+FELD(J)*FELD(J)
00122 50 NULF(K)=NULF(K)+FELD(J)
00123 11 CONTINUE
00124 C -----
00125 C -----
00126 IF (MD1.GT.1.5) GOTO 888
00127 MD1=MD+1
00128 MD=2*MD
00129 N=N+1
00130 GOTO 999
00131 C -----
00132 C STATISTIK
00133 888 DO 20 K=1,20
00134 S(K)=(1./MD-1)*((SUX2(K)-NULF(K)*NULF(K)/MD)
00135 IF(S(K).LT.0.0) S(K)=-S(K)
00136 S(K)=SQRT(S(K))
00137 ZWS(K)=S(K)+S(K)

```

```

00138      DRS(K)=ZWS(K)+S(K)
00139      A=MD
00140      STDF(K)=S(K)/SQRT(A)
00141      SUM2(K)=SUM2(K)/(100.0*MD)
00142 20      NULF(K)=NULF(K)/MD
00143 C      AUSGABE
00144 C      -----
00145      WRITE(KW,104)
00146      WRITE (KW,106) (RNAME(I), (FELD(K+I-1), K=1, 400, 50), I=1, MD)
00147      WRITE(KW,204) (NULF(K), K=1, 8), (S(K), K=1, 8), (ZWS(K), K=1, 8),
+      (STDF(K), K=1, 8), (SUM2(K), K=1, 8)
00149      WRITE (KW,107)
00150      WRITE (KW,106) (RNAME(I), (FELD(K+I-1), K=401, 800, 50), I=1, MD)
00151      WRITE(KW,204) (NULF(K), K= 9, 16), (S(K), K= 9, 16), (ZWS(K), K= 9, 16),
+      (STDF(K), K= 9, 16), (SUM2(K), K= 9, 16)
00153      WRITE(KW,108)
00154      WRITE (KW,106) (RNAME(I), (FELD(K+I-1), K=801, 1200, 50), I=1, MD)
00155      WRITE(KW,204) (NULF(K), K=17, 24), (S(K), K=17, 24), (ZWS(K), K=17, 24),
+      (STDF(K), K=17, 24), (SUM2(K), K=17, 24)
00157      WRITE(KW,202)
00158      WRITE (KW,201) (RNAME(I), (FELD(K+I-1), K=1201, 1400, 50), I=1, MD)
00159      WRITE(KW,205) (NULF(K), K=25, 28), (S(K), K=25, 28), (ZWS(K), K=25, 28),
+      (STDF(K), K=25, 28), (SUM2(K), K=25, 28)
00161 C      -----
00162 C      SEITENVORSCHUB
00163 C      -----
00164      IF (N .EQ. 8) GOTO 98
00165      MD=MD/2
00166      GOTO 98
00167 C      -----
00168      STOP
00169 100  FORMAT(19A4)
00170 104  FORMAT (//
+//LFD NR      , 'GB0', 7X, 'P0', 6X, 'WK01', 6X, 'D01', 5X, 'WA01', 7X, 'GB1',
+6X, 'F1', 7X, 'WK11', /79(' '))
00172      FORMAT (//)
00173 105  FORMAT (//)
00174 106  FORMAT((A6,' ', 4(F6,2,' I '), F6,2,' I '), 2(F6,2,' I '),
+66,2,' I ')
00176 107  FORMAT(//
+//LFD NR      , 'GB2', 7X, 'P2', 6X, 'WK21', 6X, 'D20', 5X, 'D21', 7X, 'GB1',
+5X, 'F01', 6X, 'IK21', /79(' '))
00178      FORMAT(//)
00179 108  FORMAT(//
+//LFD NR      GA02 , 5X, 'GA12', 5X, 'GA01', 5X, 'WA02', 6X, 'WA12' ,
+6X, 'DB21', 4X, 'DB20', 6X, 'DB01', /79(' '))
00182 202  FORMAT(42(' ')//LFD NR      00      01      02      QIN'/42(' '))
00183 201  FORMAT((A6,' ', 4(F6,2,' I '),
00184 204  FORMAT((S      , 4(F6,2,' I '), F6,2,' I '), 3(F6,2,' I '),
00185 205  FORMAT((S      , 4(F6,2,' I '),
00186      END

```

SUBPROGRAMS

*00042	*00034	*00022	*00020	*00030	*00000
*00060	*00010	FL0AT	*00110	EXP	*00162
SORT	*00054				

PROGRAM ALLOCATION

21374	KR	21376	KW	21400	H2T	21402	H2I
21404	MD	21406	N	21410	I	21412	MD1
21414	J	21416	F	21420	TIT	21422	TII
21424	TMI	21426	TMT	21430	H	21432	RTMT
21435	ROT	21440	TEI	21442	L	21444	A

07150	GB0	07276	P0	07624	WK01	10052	D01
10300	WA01	10526	GB1	10754	P1	11202	WK11
11430	GB2	11656	P2	12104	WK21	12332	D20
12560	D21	13006	GBI	13254	IK01	13462	IK21
13710	GA02	14136	GA12	14364	GA01	14612	WA02
15040	WA12	15266	GB21	15514	GB20	15742	GB01

16170	Q0	16416	Q1	16644	Q2	17072	QIN
07150	FELD	21447	RNAME	21675	HWZ21	17320	HWZ01
17612	HIMP	17744	IMP	22123	BLE	22133	BLM
22143	FKZ	22211	TET	22217	DT	22233	NULF
22357	SUX2	17342	S	17466	ZWS	17620	DRS
17750	STDF						

PROGRAM END

PD EJFE
FE GELADEN

LOAD MAIN PROGRAM
LOAD SUBPROGRAM
MEMORY MAP
LOWER BOUND: 12520
UPPER BOUND: 37654
SUBPROGRAMS:

NAME	ENTRY
------	-------

SORT	35223
EXP	35702
FLOAT	36303
*00042	36340
*00066	36530
*00166	36550
*00020	36570
*00010	36642
*00110	36654
*00000	36670
*00060	36752
*00162	36760
*00022	36772
*00034	37114
*00030	37346
*00054	37642

LOADING COMPLETE

TABELLE NR. 1 MPKT= KNIEGELENK OBEN

NORMALKOLLEKTIV (N=36)

LFD NR	GB0	P0	WK01	D01	WA01	GB1	F1	WK11
001.1	8.36 I	38.38 I	9.01 I	-2.41 I	78.93 II	14.63 I	21.93 I	11.42 I
002.1	5.85 I	40.43 I	5.23 I	-2.56 I	67.17 II	10.15 I	23.32 I	7.78 I
003.1	8.66 I	32.41 I	8.60 I	-4.65 I	64.91 II	16.06 I	17.47 I	13.26 I
004.1	4.65 I	31.07 I	4.53 I	-1.86 I	70.94 II	7.83 I	18.46 I	6.38 I
005.1	6.45 I	45.42 I	4.93 I	-3.98 I	55.37 II	11.84 I	24.74 I	8.91 I
006.1	5.21 I	49.63 I	3.89 I	-2.92 I	57.10 II	9.39 I	27.54 I	6.81 I
007.1	5.82 I	41.25 I	4.61 I	-3.24 I	58.68 II	10.25 I	23.41 I	7.85 I
008.1	5.17 I	47.49 I	4.12 I	-5.28 I	43.85 II	11.86 I	20.71 I	9.40 I
009.1	4.51 I	46.48 I	3.78 I	-4.10 I	48.00 II	9.98 I	21.01 I	7.88 I
010.1	6.58 I	44.89 I	5.35 I	-5.92 I	47.43 II	14.22 I	20.76 I	11.27 I
012.1	8.25 I	22.96 I	9.74 I	-1.93 I	83.48 II	13.56 I	13.97 I	11.67 I
013.1	5.17 I	51.30 I	3.58 I	-5.40 I	39.88 II	11.63 I	22.78 I	8.98 I
014.1	7.60 I	33.49 I	6.67 I	-3.74 I	64.12 II	12.96 I	19.65 I	10.41 I
015.1	7.54 I	62.61 I	4.15 I	-3.15 I	56.88 II	12.02 I	39.28 I	7.30 I
016.1	5.17 I	42.12 I	4.21 I	-3.89 I	51.94 II	10.28 I	21.20 I	8.10 I
017.1	5.33 I	49.42 I	3.41 I	-2.94 I	53.70 II	8.98 I	29.34 I	6.34 I
018.1	5.78 I	53.03 I	3.84 I	-2.35 I	62.02 II	9.26 I	33.09 I	6.20 I
019.1	5.49 I	44.09 I	5.18 I	-5.41 I	48.92 II	13.02 I	18.59 I	10.60 I
001.1	6.09 I	50.38 I	5.29 I	-4.13 I	56.14 II	12.49 I	24.57 I	9.42 I
002.1	5.64 I	48.69 I	5.00 I	-2.58 I	65.92 II	9.89 I	23.32 I	7.58 I
003.1	8.25 I	30.71 I	8.40 I	-3.05 I	73.39 II	13.98 I	18.12 I	11.45 I
004.1	5.06 I	28.94 I	5.08 I	-1.84 I	73.43 II	8.38 I	17.48 I	6.92 I
005.1	7.98 I	36.76 I	7.07 I	-3.89 I	64.54 II	13.90 I	21.12 I	10.96 I
006.1	5.03 I	52.26 I	3.56 I	-2.43 I	59.42 II	8.61 I	30.52 I	5.99 I
007.1	6.75 I	36.47 I	5.78 I	-2.91 I	66.54 II	11.15 I	22.08 I	8.68 I
008.1	4.11 I	53.63 I	2.90 I	-4.36 I	39.88 II	9.47 I	23.31 I	7.26 I
009.1	4.74 I	46.57 I	3.97 I	-2.90 I	57.78 II	9.08 I	24.31 I	6.87 I
010.1	8.91 I	34.95 I	8.55 I	-3.84 I	69.03 II	15.51 I	20.09 I	12.39 I
012.1	6.68 I	31.77 I	6.99 I	-2.19 I	75.12 II	11.31 I	18.78 I	9.18 I
013.1	6.23 I	38.24 I	5.48 I	-3.12 I	63.70 II	10.98 I	21.69 I	8.60 I
014.1	7.47 I	34.30 I	6.48 I	-3.46 I	65.17 II	12.51 I	20.50 I	9.95 I
015.1	5.20 I	54.18 I	3.50 I	-2.17 I	61.80 II	8.49 I	33.18 I	5.67 I
016.1	7.00 I	32.17 I	6.67 I	-2.34 I	74.04 II	11.26 I	19.99 I	9.01 I
017.1	8.31 I	39.69 I	6.33 I	-2.56 I	71.18 II	12.19 I	27.05 I	8.89 I
018.1	7.38 I	40.77 I	6.19 I	-2.98 I	67.49 II	12.19 I	24.70 I	9.18 I
019.1	4.60 I	41.44 I	4.55 I	-3.10 I	59.47 II	9.56 I	19.94 I	7.65 I
S x	6.31 I	41.68 I	5.46 I	-3.32 I	61.62 II	11.36 I	23.00 I	8.78 I
S +S	1.37 I	8.70 I	1.77 I	1.07 I	10.57 II	2.12 I	5.09 I	1.94 I
S +2s	2.75 I	17.40 I	3.54 I	2.14 I	21.15 II	4.25 I	10.19 I	3.89 I
S Sx	.23 I	1.45 I	.29 I	.18 I	1.76 II	.35 I	.85 I	.32 I
S $\Sigma x^2/n$	.42 I	18.11 I	.33 I	.12 I	39.06 II	1.33 I	5.54 I	.81 I
LFD NR	GB2	P2	WK21	D20	D21	GB1	IK01	IK21
001.1	24.61 I	13.03 I	15.01 I	6.00 I	3.55 II	3.21 I	5.61 I	1.75 I
002.1	28.59 I	8.28 I	10.84 I	5.61 I	3.05 II	2.37 I	3.55 I	.77 I
003.1	37.07 I	7.57 I	16.92 I	8.31 I	3.66 II	2.81 I	4.13 I	1.09 I
004.1	19.73 I	7.12 I	7.98 I	2.45 I	1.59 II	1.44 I	2.04 I	.50 I
005.1	31.92 I	9.18 I	14.58 I	9.64 I	5.66 II	2.93 I	4.11 I	1.16 I
006.1	16.75 I	7.04 I	12.90 I	9.02 I	6.10 II	2.59 I	3.83 I	.77 I
007.1	27.95 I	8.58 I	12.36 I	7.75 I	4.51 II	2.48 I	3.23 I	.91 I
008.1	32.81 I	7.49 I	11.72 I	9.60 I	4.32 II	2.46 I	3.73 I	.87 I
009.1	29.89 I	7.01 I	14.45 I	10.67 I	6.57 II	2.10 I	3.29 I	.86 I
010.1	45.51 I	6.49 I	18.97 I	13.62 I	7.70 II	2.95 I	4.36 I	1.04 I
012.1	25.38 I	7.46 I	11.77 I	2.04 I	1.11 II	1.89 I	2.90 I	.75 I
013.1	27.64 I	9.59 I	12.62 I	9.04 I	3.60 II	2.65 I	3.77 I	1.05 I
014.1	36.81 I	6.92 I	14.42 I	7.75 I	4.01 II	2.55 I	3.36 I	.84 I
015.1	22.58 I	20.91 I	10.74 I	6.59 I	3.44 II	4.72 I	6.95 I	2.16 I

016	1	23.00	I	9.47	I	10.39	I	6.19	I	2.29	II	2.18	I	3.06	I	.85	I
017	1	12.80	I	20.50	I	6.91	I	3.50	I	5.57	II	2.63	I	3.33	I	1.36	I
018	1	20.00	I	15.26	I	8.82	I	4.98	I	2.62	II	3.06	I	4.34	I	1.23	I
019	1	27.19	I	8.90	I	15.52	I	10.35	I	4.94	II	2.42	I	4.09	I	1.19	I
001	1	22.00	I	13.46	I	12.86	I	8.57	I	4.43	II	2.07	I	5.37	I	1.67	I
002	1	26.42	I	8.73	I	9.90	I	4.98	I	2.39	II	2.31	I	2.46	I	.75	I
003	1	32.95	I	7.46	I	15.51	I	7.11	I	4.06	II	2.53	I	2.72	I	.98	I
004	1	21.45	I	6.83	I	8.71	I	3.63	I	1.79	II	1.47	I	2.07	I	.50	I
005	1	24.57	I	8.49	I	15.88	I	8.81	I	4.92	II	2.93	I	4.11	I	1.16	I
006	1	32.65	I	8.05	I	11.37	I	7.81	I	5.38	II	2.63	I	3.89	I	.78	I
007	1	30.03	I	8.20	I	13.32	I	7.54	I	4.64	II	2.46	I	3.32	I	.93	I
008	1	24.78	I	8.90	I	10.24	I	7.34	I	2.98	II	2.21	I	3.35	I	.79	I
009	1	25.43	I	8.68	I	12.12	I	8.15	I	5.25	II	2.21	I	3.46	I	.90	I
010	1	47.89	I	6.51	I	19.96	I	11.40	I	7.56	II	3.12	I	4.60	I	1.10	I
012	1	19.22	I	11.05	I	8.65	I	1.66	I	5.54	II	2.12	I	3.26	I	.84	I
013	1	26.96	I	8.83	I	12.39	I	6.91	I	3.79	II	2.38	I	3.39	I	.94	I
014	1	33.78	I	7.59	I	13.16	I	6.68	I	3.21	II	2.56	I	3.38	I	.85	I
015	1	17.50	I	16.08	I	8.71	I	5.21	I	5.04	II	2.82	I	4.14	I	1.29	I
016	1	23.93	I	9.41	I	10.81	I	4.14	I	1.81	II	2.25	I	3.16	I	.88	I
017	1	16.44	I	20.06	I	8.92	I	2.59	I	.02	II	3.30	I	4.17	I	1.70	I
018	1	29.24	I	10.29	I	13.42	I	7.23	I	4.25	II	3.01	I	4.26	I	1.20	I
019	1	16.78	I	11.36	I	9.38	I	4.83	I	1.73	II	1.91	I	3.22	I	.94	I
S		27.62	I	10.03	I	12.37	I	6.91	I	5.59	II	2.57	I	3.78	I	1.04	I

S		7.75	I	3.94	I	3.06	I	2.71	I	1.97	II	.58	I	.90	I	.35	I
S		15.51	I	7.88	I	6.12	I	5.43	I	1.94	II	1.15	I	1.80	I	.69	I
S		1.29	I	.66	I	.51	I	.45	I	.33	II	.10	I	.15	I	.06	I
S		8.21	I	1.16	I	1.62	I	.55	I	.17	II	.07	I	.15	I	.01	I

LFD	NP	GA02	GA12	GA01	WA02	WA12	CB21	CB20	DB01								
001	1	87.26	I	89.88	I	97.00	I	60.03	I	76.06	II	-1.46	I	-3.87	I	2.41	I
002	1	75.62	I	90.00	I	83.94	I	48.24	I	71.82	II	-1.60	I	-2.78	I	1.18	I
003	1	70.68	I	91.26	I	76.95	I	50.86	I	78.35	II	-1.72	I	-3.00	I	1.32	I
004	1	77.52	I	95.15	I	81.47	I	56.76	I	80.02	II	-1.95	I	-1.54	I	.60	I
005	1	57.46	I	77.53	I	74.12	I	33.85	I	61.14	II	-1.77	I	-2.95	I	1.18	I
006	1	56.44	I	70.76	I	79.76	I	30.12	I	52.75	II	-1.82	I	-3.06	I	1.24	I
007	1	59.00	I	79.55	I	74.27	I	37.27	I	63.51	II	-1.49	I	-2.32	I	.87	I
008	1	53.78	I	83.66	I	64.29	I	30.04	I	68.50	II	-1.58	I	-2.85	I	1.27	I
009	1	46.19	I	67.14	I	68.79	I	26.19	I	54.56	II	-1.24	I	-2.43	I	1.19	I
010	1	48.48	I	73.22	I	66.22	I	28.18	I	59.41	II	-1.91	I	-3.32	I	1.40	I
012	1	100.94	I	111.73	I	90.51	I	82.70	I	89.07	II	-1.15	I	-2.15	I	1.01	I
013	1	53.83	I	87.68	I	81.39	I	28.39	I	71.19	II	-1.60	I	-2.77	I	1.12	I
014	1	55.73	I	87.41	I	75.20	I	46.28	I	73.18	II	-1.70	I	-2.52	I	.81	I
015	1	86.06	I	95.97	I	89.67	I	38.64	I	67.94	II	-2.56	I	-4.79	I	2.23	I
016	1	64.65	I	94.17	I	68.65	I	40.48	I	77.95	II	-1.33	I	-2.21	I	.80	I
017	1	81.42	I	111.81	I	72.82	I	49.30	I	91.82	II	-1.27	I	-1.97	I	.69	I
018	1	81.46	I	94.96	I	85.78	I	43.58	I	70.27	II	-1.84	I	-3.11	I	1.28	I
019	1	55.44	I	80.17	I	69.16	I	33.37	I	68.22	II	-1.23	I	-2.90	I	1.67	I
001	1	68.66	I	82.86	I	82.86	I	38.18	I	68.01	II	-1.40	I	-3.70	I	2.10	I
002	1	78.86	I	94.99	I	87.02	I	50.12	I	76.02	II	-1.56	I	-2.71	I	1.15	I
003	1	73.51	I	87.31	I	84.20	I	54.17	I	73.81	II	-1.55	I	-2.74	I	1.19	I
004	1	77.62	I	93.75	I	82.79	I	58.34	I	70.46	II	-1.96	I	-1.57	I	.60	I
005	1	65.65	I	83.39	I	78.16	I	44.54	I	69.01	II	-1.78	I	-3.36	I	1.18	I
006	1	61.32	I	73.04	I	80.96	I	31.29	I	53.66	II	-1.85	I	-3.11	I	1.36	I
007	1	63.80	I	80.52	I	79.21	I	43.38	I	65.19	II	-1.53	I	-3.02	I	.86	I
008	1	56.65	I	88.45	I	64.05	I	28.28	I	70.91	II	-1.42	I	-3.56	I	1.14	I
009	1	57.05	I	71.79	I	79.47	I	32.75	I	56.69	II	-1.30	I	-2.96	I	1.35	I
010	1	62.47	I	75.80	I	82.31	I	42.87	I	63.10	II	-2.02	I	-3.50	I	1.46	I
012	1	100.92	I	122.80	I	87.97	I	80.85	I	100.22	II	-1.29	I	-2.42	I	1.1	I
013	1	66.93	I	84.84	I	78.42	I	44.21	I	64.40	II	-1.44	I	-3.45	I	1.00	I
014	1	70.42	I	91.47	I	76.57	I	49.26	I	75.58	II	-1.71	I	-2.57	I	.82	I
015	1	76.50	I	97.42	I	87.50	I	40.22	I	67.09	II	-1.53	I	-2.86	I	1.	I
016	1	84.08	I	99.17	I	87.58	I	61.68	I	83.30	II	-1.37	I	-2.28	I	.91	I
017	1	38.81	I	118.21	I	87.58	I	70.98	I	99.73	II	-1.59	I	-2.46	I	.87	I
018	1	71.48	I	85.81	I	87.30	I	46.14	I	64.36	II	-1.81	I	-3.06	I	1.20	I
019	1	75.29	I	95.79	I	78.91	I	48.50	I	81.55	II	-1.97	I	-2.28	I	1	I

S	70 52 I	88 91 I	78 32 I	45 28 I	72 44 I	11 -1 54 I	-2 74 I	1 20 I
S	14 51 I	12 75 I	8 11 I	15 98 I	12 47 I	11 32 I	62 I	42 I
S	29 03 I	25 47 I	16 27 I	27 96 I	24 95 I	11 64 I	1 27 I	83 I
S	2 42 I	2 12 I	1 56 I	2 33 I	2 06 I	11 05 I	10 I	. 07 I
S	51 78 I	80 62 I	62 95 I	22 46 I	50 99 I	11 02 I	08 I	02 I

LFD NR	00	01	02	01N
001 1	73 I	80 I	1 13 I	1 14 I
002 1	62 I	81 I	1 49 I	89 I
003 1	75 I	1 10 I	1 98 I	66 I
004 1	54 I	84 I	1 40 I	81 I
005 1	56 I	82 I	1 52 I	79 I
006 1	66 I	90 I	2 08 I	1 01 I
007 1	64 I	99 I	1 80 I	1 18 I
008 1	79 I	1 01 I	1 91 I	91 I
009 1	56 I	94 I	1 67 I	75 I
010 1	58 I	1 05 I	2 10 I	1 12 I
012 1	1 08 I	1 20 I	1 87 I	74 I
013 1	54 I	92 I	2 11 I	1 20 I
014 1	56 I	84 I	1 58 I	64 I
015 1	84 I	1 10 I	1 72 I	1 47 I
016 1	55 I	81 I	1 49 I	1 08 I
017 1	72 I	97 I	1 19 I	66 I
018 1	54 I	72 I	1 22 I	87 I
019 1	72 I	1 18 I	1 98 I	1 37 I
001 1	53 I	69 I	1 05 I	1 09 I
002 1	59 I	79 I	1 38 I	87 I
003 1	71 I	96 I	1 82 I	60 I
004 1	59 I	89 I	1 52 I	82 I
005 1	70 I	97 I	1 65 I	79 I
006 1	64 I	85 I	1 85 I	1 02 I
007 1	75 I	1 07 I	1 93 I	1 21 I
008 1	63 I	81 I	1 44 I	82 I
009 1	59 I	86 I	1 42 I	79 I
010 1	79 I	1 14 I	2 21 I	1 20 I
012 1	88 I	1 00 I	1 42 I	83 I
013 1	65 I	87 I	2 06 I	1 08 I
014 1	55 I	81 I	1 45 I	64 I
015 1	58 I	78 I	1 33 I	87 I
016 1	74 I	88 I	1 55 I	1 11 I
017 1	1 12 I	1 32 I	1 53 I	82 I
018 1	69 I	95 I	1 78 I	86 I
019 1	60 I	87 I	1 22 I	1 08 I
S	68 I	93 I	1 64 I	94 I
S	14 I	14 I	51 I	21 I
S	28 I	29 I	62 I	45 I
S	02 I	02 I	05 I	04 I
S	00 I	01 I	03 I	01 I

MESSDATEN:

MPKT	TC 5°PI	TC20°PI	TC120°PI	INS°PI	I
RKG I	85597 I	121049 I	105925 I	6017 I	
LKG I	115788 I	132585 I	110165 I	6216 I	
RKU I	127537 I	125312 I	89319 I	6515 I	
LKU I	146871 I	136895 I	91119 I	6641 I	
RK I	106567 I	123180 I	97622 I	6266 I	
LK I	131329 I	134790 I	100642 I	6428 I	
RTM I	149395 I	152643 I	68995 I	5825 I	
LTM I	162526 I	147854 I	72899 I	5351 I	
BLM I	263125 I	192754 I	92260 I	211501 I	
BLE I	3309019 I	2355041 I	920903 I	276112 I	

ABFALL 100 0/0 73 0/0 35 0/0 ZEITEN: TIT TII TMT TMI
285 0/0 208 0/0 100 0/0 1413 1630 3613 1715

ERGEBNISSE.

I	T0				II	T1		
MPKT	GB0	P0	WK01	D01	WA01	GB1	P1	WK11
RKG I	5.17 I	42.12 I	4.21 I	-3.89 I	51.94 I	10.28 I	21.20 I	8.10 I
LKG I	7.00 I	32.17 I	6.67 I	-2.34 I	74.04 I	11.26 I	19.99 I	9.01 I
RKU I	7.71 I	30.61 I	7.52 I	-1.77 I	90.74 I	10.64 I	22.17 I	8.28 I
LKU I	8.88 I	27.09 I	9.09 I	-1.14 I	98.53 I	11.63 I	20.67 I	9.23 I
RK I	6.44 I	35.23 I	5.06 I	-2.33 I	71.55 I	10.46 I	21.69 I	8.19 I
LK I	7.94 I	29.32 I	7.88 I	-1.24 I	86.44 I	11.45 I	20.34 I	9.12 I
RTM I	9.03 I	23.36 I	9.72 I	-1.13 I	89.58 I	12.96 I	16.27 I	10.85 I
LTM I	9.82 I	19.73 I	11.08 I	.46 I	104.34 I	12.56 I	15.43 I	10.62 I

I	T2				II	TIN		
MPKT	GB2	P2	WK21	D20	D21	GBI	IK01	IK21
RKG I	23.00 I	9.47 I	10.39 I	6.19 I	2.29 I	2.18 I	3.06 I	85 I
LKG I	23.93 I	9.41 I	10.81 I	4.14 I	1.81 I	2.25 I	3.16 I	88 I
RKU I	19.40 I	12.16 I	8.56 I	1.04 I	.28 I	2.36 I	3.32 I	.92 I
LKU I	19.79 I	12.15 I	8.73 I	-36 I	-50 I	2.41 I	3.38 I	94 I
RK I	21.20 I	10.70 I	9.48 I	3.61 I	1.28 I	2.27 I	3.19 I	89 I
LK I	21.86 I	10.65 I	9.77 I	1.89 I	.65 I	2.32 I	3.27 I	91 I
RTM I	14.98 I	14.08 I	6.50 I	-3.22 I	-4.35 I	2.11 I	2.96 I	82 I
LTM I	15.83 I	12.24 I	6.98 I	-4.10 I	-3.64 I	1.94 I	2.72 I	76 I

I	AKK				II	DIFF		
MPKT	GA02	GA12	GA01	WA02	WA12	DB21	DB20	DB01
RKG I	64.65 I	94.17 I	68.65 I	40.48 I	77.95 I	-1.33 I	-2.21 I	88 I
LKG I	84.08 I	99.17 I	84.79 I	61.68 I	83.30 I	-1.37 I	-2.28 I	91 I
RKU I	114.23 I	115.60 I	98.81 I	87.81 I	96.77 I	-1.44 I	-2.39 I	96 I
LKU I	128.95 I	123.89 I	104.09 I	104.14 I	105.69 I	-1.46 I	-2.44 I	97 I
RK I	87.33 I	103.97 I	83.99 I	61.86 I	86.45 I	-1.38 I	-2.30 I	92 I
LK I	104.39 I	110.36 I	94.59 I	80.65 I	93.30 I	-1.42 I	-2.36 I	94 I
RTM I	172.22 I	182.30 I	95.02 I	149.60 I	167.00 I	-1.28 I	-2.14 I	85 I
LTM I	178.36 I	167.12 I	106.72 I	158.71 I	152.11 I	-1.18 I	-1.97 I	79 I

MPKT	Q0	Q1	Q2	QIN
RKG I	.55 I	.81 I	1.49 I	1.08 I
LKG I	.74 I	.88 I	1.55 I	1.11 I
RKU I	.82 I	.83 I	1.26 I	1.17 I
LKU I	.94 I	.91 I	1.28 I	1.19 I
RK I	.68 I	.82 I	1.38 I	1.12 I
LK I	.84 I	.90 I	1.42 I	1.15 I

10. LITERATURVERZEICHNIS

ARNOLDI, C.C., H. LINDEHOLM, H. MÜSSBICHLER:

Venous engorgement and intraosseous hypertension in osteoarthritis of the hip.
J. Bone Jt. Surg. 54 B 1972) 409

ASNIS, S.E., L.M. BLAU, W.H. BOHNE:

A comparison of ^{18}F and ^{85}Sr scintimetric patterns by computerized data analysis and display.
Radiology 106 (1973) 607

BATRA, H.C., J. CHARNLEY:

Existence and incidence of osteoarthritic femoral heads.
J. Bone Jt. Surg. 51 B (1969) 366

BAUER, G.H.C., B. WENDEBERG:

External counting of Ca^{47} and Sr^{85} in studies of localized skeletal lesions in man.
J. Bone Jt. Surg. 41 (1959) 558

BAUER, G.H.C., E.M. SMITH:

^{85}Sr scintimetry of osteoarthritis of the knee.
J. Nucl. Med 10 (1969) 109

BEKERMANN, C., H.K. GENANT, P.B. HOFFER, F. KOZIN, M. GINSBERG:

Radionuclide imaging of the bones and joints of the hand.
Radiology 118 (1975) 653

BELL, E.G.:

Nuclear medicine and skeletal disease.
Hosp. Pract. 7 (1972) 49

BENEKE, G.:

Störungen der Gelenkfunktion.
In: SANDRITTER, BENEKE: Allgemeine Pathologie
Schattauer, Stuttgart, 1974

BERGMANN, H., R. HÖFER, G. KOLARZ, N. THUMB:

Quantitative Messung des ^{87}mSr -Uptake im Knochen bei Patienten mit P.c.P.
In: H.W. PABST (Hrsg.): Radionuklide in der Hämatologie.
Schattauer, Stuttgart 1973, S. 326

BESSLER, W.:

Die Radiostrontiumablagerung im erkrankten Skelett. Szintigraphieresultate.
In: R. GLAUNER (Hrsg.): Angiologie und Szintigraphie bei Knochen- und Gelenkerkrankungen.
Thieme, Stuttgart 1971, S. 55

- BOK, B., R. PEREZ, C. PANNECIERE, R. DiPAOLA.:
Bone scanning radiopharmaceuticals: A comparison of 3 products.
Meet. Amer. Nucl. Soc., Miami, USA, Juni 1973
- BOLLETT, A.J., J.L. NANCE:
Biochemical findings in normal and osteoarthritic articular cartilage.
II. Chondroitin sulphate concentration and chain length, water and ash content. J. clin. Invest. 45 (1966) 1177
- BOYLE, J.A., W.W. BUCHANAN:
Clinical Rheumatology.
Blackwell, Oxford u. Edinburgh, 1971
- BULL, U., M. SCHATTENKIRCHNER, K.W. FREY, H. MÜLLER-FASSBENDER:
 ^{113}mIn , ^{87}mSr und ^{85}Sr in der Differentialdiagnostik entzündlicher Knochen- und Gelenkerkrankungen.
10. Intern. Jhrstg. Ges. Nuklearmedizin, 27. – 30 Sept. 1972
Freiburg, Deutschland
- BULL, U., M. SCHATTENKIRCHNER, K.W. FREY, A. PILGER, U. SCHABRONATH, P. PFEIFFER:
Zur Anwendung von ^{87}mSr bei der Diagnostik entzündlicher und degenerativer Gelenkerkrankungen.
Z. Rheumaforsch. 32 (1973) 451
- BÜLL, U., K.W. FREY:
Nuklearmedizinische Untersuchungen großer Gelenke.
Röntgen-Ber. 2 (1973) 325
- BULL, U., M. SCHATTENKIRCHNER, K.W. FREY, U. SCHÖNWALD, W. DORSCH:
Zur vergleichenden Wertigkeit von Untersuchungen mit ^{87}mSr und ^{113}mIn gegenüber röntgenologischen und klinischen Befunden bei entzündlichen Gelenkerkrankungen unter Berücksichtigung von Verlaufskontrollen. Beiheft Fortschr. Röntgenstr., Thieme, Stuttgart 1974 (a), S. 92
- BULL, U.:
Nuklearmedizinische Diagnostik entzündlicher u. degenerativer Erkrankungen der Hüft- u. Kniegelenke sowie der Wirbelsäule.
Habilitationsschrift, Univ. München, 1975
- BULL, U., H. v. LIEVEN, B. LEISNER:
Zur Frage der Weichteilkonzentration von $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Zinn-Phosphat-Komplexen.
Nukl. Med. 14 (1975) 91
- CASTRONOVO, F.P., M.S. POTSAID, H.P. PENDERGRASS:
Effects of radiation therapy on bone lesions as measured by $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Diphosphonate.
J. Nucl. Med. 14 (1973) 604
- COLLINS, D.H.:
The pathology of articular and spinal diseases.
Arnold, London 1949
- COTTA, H.:
Präarthrose und präarthrotische Deformität.
Z. Orthop. 112 (1974) 8
- CRUTCHLOW, W.P.:
 ^{85}Sr scintimetry of the hip in osteoarthritis and osteonecrosis.
Amer. J. Roentgenol. 109 (1970) 803

- DESAULNIERS, M., A. FUKS, D. HAWKINS, Y. LACOURCIERE, L. ROSENTHALL:
Radiotechnetium polyphosphate joint imaging.
J. Nucl. Med. 15 (1974) 417
- DREYER, J., P. GEORGI: Möglichkeiten und Grenzen der Skelett-Szintigraphie für die Orthopädie.
In: H. COTTA (Hrsg.): Aktuelle Orthopädie Nr. 4, Thieme, Stuttgart 1972
- ECKELMAN, W., R.C. REBA, H. KUBOTA, J.S. STEVENSON:
 ^{99m}Tc -Pyrophosphate for bone imaging.
J. Nucl. Med. 15 (1974) 279
- FIRUSIAN, N., C.G. SCHMIDT: Therapiebeurteilung maligner Skeletterkrankungen. In: H.W. PABST (Hrsg):
Nuklearmedizin, Klin. Leistungsfähigkeit u. techn. Entwicklung.
Schattauer, Stuttgart 1972, S. 386
- FREY, K.W., M.Sch. SCHEYBANI, A. SONNTAG, P. FUCHS:
Szintigraphie und Profilmessung mit ^{85}Sr zur Diagnostik primärer und sekundärer Knochengeschwülste.
Rad. Austriaca 18 (1968) 85
- FREY, K.W.: Profilmessung und Szintigraphie des Skeletts.
In: R. GLAUNER (Hrsg.): Angiologie und Szintigraphie bei Knochen- und Gelenkserkrankungen.
Thieme, Stuttgart 1971, S. 35
- FREY, K.W., U. BÜLL: Profilmessung und Szintigraphie mit $^{85}\text{Strontium}$ und $^{87m}\text{Strontium}$ zur Verlaufsbeobachtung von Knochenkrankungen.
Röntgenbl. 24 (1971), 208
- FREY, K.W., D. GHANATABADI: ^{87m}Sr zur Verlaufsbeurteilung von physikalischer Therapie bei Gelenkserkrankungen.
Zschr. physikal. Therapie, Jan. (1974) 17
- GARNETT, E.S., B.M. BOWEN, G. COATES, C. NAHMIA: An analysis of factors which influence the local accumulation of bone-seeking radiopharmaceuticals.
Investig. Radiol. 10 (1975) 564
- GENANT, H.K., G.J. BAUTOVICH, M. SINGH, K.A. LATHROP, P.V. HARPER: Bone-seeking radionuclides: An in vivo study of factors affecting skeletal uptake.
Radiology 113 (1974) 373
- GEORGI, P., F. STÖHREK, P. GERHARDT, H. SINN: Szintigraphischer Nachweis von Knochenmetastasen bei Patienten mit Prostatakarzinom.
11. Intern. Symp. „Radioaktive Isotope in Klinik und Forschung“, Bad Gastein, Österreich, 1974
- GHANATABADI, D: Diagnostische Untersuchungen mit ^{87m}Sr zur Verlaufsbeobachtung von Gelenkserkrankungen unter physikalischer Therapie.
Dissertation, München 1971

- GLAUNER, R.: Die Entzündungsbestrahlung.
Thieme, Stuttgart 1951
- HACKENBROCH, M.: Überfunktionelle Insuffizienz, Arthrose und Präarthrose.
Z. Orthop. 112 (1974) 23
- HARTMANN, F.: Erkrankungen der Gelenke.
In: GROSS, JAHN, SCHÖLMERICH: Lehrbuch der Inneren Medizin
Schattauer, Stuttgart 1973
- HARTL, W.: Zur Differentialdiagnose der rheumatoiden Arthritis.
Therapiewoche 21 (1971) 744
- HARTWEG, H., H. FAUST, Kh. RENNER, H. RENNER:
Zur Strahlentherapie der Gonarthrose.
Strahlentherapie 145 (1973) 373
- HENNE, W., PFANNENSTIEL, H.U. PIXBERG:
Knochen- und Gelenksszintigraphie mit ^{99m}Tc -markiertem Pyrophosphat
bzw. Polyphosphat — ein vorläufiger Erfahrungsbericht.
Fortschr. Röntgenstr. 119 (1973) 187
- HERNBORG, J.: Elimination of Na^{131}I from the head and the neck of the femur in unaffected
and osteoarthritic hip joints.
Arthritis & Rheumatism. 12 (1969) 30
- HESS, F.: Strahlentherapie gutartiger Erkrankungen.
Dt. Ärztebl. 39 (1972) 2469
- HOLOPAINEN, T., A. REKONEN:
Uptake of radioactive strontium (^{85}Sr) in joints damaged by rheumatoid ar-
thritis measured by external counting of radiation.
Acta rheum. Scand. 12 (1966) 102
- HUG, O.: Strahlenbiologische Überlegungen zur Therapie entzündlicher und ossifizie-
render Erkrankungen. Verh. Dt. Ges. Rheumatologie: Ankylosierende Spon-
dylitis. Steinkopff, Darmstadt 1969
- HUG, O.: Medizinische Strahlenurkunde.
Springer, Berlin 1974
- IRVING, J.T.: Calcium and phosphorus metabolism.
Academic Press, New York, London, 1973
- JEFFERY, A.K.: Osteogenesis in the osteoarthritic femoral head.
J. Bone Jt. Surg. 55 B (1973) 262
- KAUFMANN, L.: Zur Ätiologie der Coxarthrose.
Arch. orthop. Unfall-Chir. 64 (1968) 164
- KAYE, M., S. SILVERTON, L. ROSENTHALL:
Technetium- ^{99m}Tc -Pyrophosphate: studies in vivo and in vitro.
J. nucl. Med. 16 (1975) 40

- KETTUNEN, K., A. REKONEN:
Observations on the Strontium-85 turnover of osteoarthritic hip in man.
Ann. Med. exp. Fenn. 43 (1965) 182
- KOLAR, J., A. BABICKY: Degenerative Wirbelsäulen- und Gelenkleiden bei der Untersuchung mit ^{85}Sr
Beitr. Orthop. 14 (1967) 398
- KOLAR, J., V. BEK, L. JANKO, L. VYHNANEK, A. BABICKY, D. DRAPELOVA:
Zu Sinn und Grenzen der Knochendiagnostik mit ^{85}Sr .
Fortschr. Röntgenstr. 106 (1967) 216
- KOLAR, J., L. VYHNANEK, J. JANEK, A. SREDA, V. BEK, M. KRALOVA, A. BABICKY, L. JANKO:
Diagnostik mit radioaktiven Isotopen in der Orthopädie.
Z. Orthop. 104 (1968) 414
- KOLAR, J., A. BABICKY, V. BEK, B. BIBR, L. JANKO, A. STREDA, A. SUSTA:
Isotopendiagnostik bei Gelenkserkrankungen.
In: R. GLAUNER (Hrsh.): Angiologie und Szintigraphie bei Knochen- und Gelenk-
erkrankungen.
Thieme, Stuttgart 1971, S. 69
- LLOYDS-ROBERTS, G.C.: Osteoarthritis of hip. A study of the clinical pathology.
J. Bone Jt. Surg. 37 B (1955) 8
- MOHING, W.: Die Arthrosis deformans des Kniegelenks.
Therapiewoche 37 (1971) 2748
- MUHEIM, G., W.P. CRUTCHLOW:
 ^{18}F and ^{85}Sr scintimetry in the study of primary arthropathies.
Brit. J. Radiol. 44 (1971) 290
- MÜSSBICHLER, H.: Arteriographie findings in patients with degenerative osteoarthritis of the
hip.
Radiology 107 (1973) 21
- OTTE, P.: Die Pathophysiologie der Arthrosen.
Therapiewoche 21 (1971) 2723
- OTTO, R., I. RIEHLE, I. PETSCHEN:
Über die vielseitige Verwendbarkeit von Radioindium (^{113}m Indium und
 ^{115}m Indium) zur Szintigraphie unter besonderer Berücksichtigung seiner Ra-
diochemie.
In: W. KEIDERLING, G. HOFFMANN, H.A. LADNER (Hrsg.):
Radioisotope in Pharmakokin. u. klin. Biochem.
Schattauer, Stuttgart 1970, S. 331
- PANNEWITZ, v. G.: Degenerative Erkrankungen. In: Handbuch Med. Radiologie:
Spezielle Strahlentherapie gutartiger Erkrankungen.
Bd. XVII. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1970, S. 73
- POULOSE, K.P., R.C. REBA, W.C. ECKELMANN, M. GOODYEAR:
Extra-osseous localization of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sn-pyrophosphate.
Brit. J. Radiol. 48 (1975) 724

- RUCKES, J.: Gelenke, Bursen, Sehnenscheiden und Menisken.
In: M. EDER u. P. GEDIGK: Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und pathologischen Anatomie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1974
- RÜTT, A.: Zur Problematik der Arthrose.
Enke, Stuttgart 1957
- RUTISHAUSER, E., R. LAGIER, E. GRASSET:
Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Arthrose-Arthritis-Forschung.
In: BAUER, K.F. (Hrsg.): Medizinische Grundlagenforschung Bd. II, S. 225
Thieme, Stuttgart 1959
- SIEGEL, B.A., R.L. DONOVAN, P.O. ALDERSON, G.R. MACK:
Skeletal uptake of ^{99m}Tc -diphosphonate in relation to local bone blood flow.
Radiology 120 (1976) 121
- SCHULITZ: Synovektomie und Gelenkknorpel.
Z. Orthopädie 112 (1974) 118
- SOKOLOFF, L.: The pathology and pathogenesis of osteoarthritis.
In: J.L. HOLLANDER (Hrsg.): Arthritis and allied conditions.
Lea und Fabinger, London, 1966
- STENDER, H.S.: Die Strahlenbehandlung der Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises.
Therapiewoche 18 (1968) 1892
- STENDER, H.S., H. HUNDESHAGEN, J. KAHLSTORF:
Wertigkeit der Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin bei Knochen- und Gelenkerkrankungen.
Beiheft Fortschr. Röntgenstr., Thieme, Stuttgart 1974
- STERN, H.S., D.A. GOOGWIN, U. SCHEFFEL, H.N. WAGNER, H.H. KRAMER:
In ^{113m}In for blood-pool and brain scanning.
Nucleonics 25 (1967)
- SUBRAMANIAN, G., J.G. McAFEE:
A new complex of ^{99m}Tc for skeletal imaging.
Radiology 99 (1971) 192
- VAUGHAN, J.M.: The physiology of bone.
Clarendon, Oxford 1970
- WAGENHÄUSER, F.J.: Die klinische Diagnose der Arthrosen.
Therapiewoche 21 (1971) 2726
- WIELAND, C., H. KUTTIG: Hochvolttherapie bei Arthrosen und Entzündungen,
Strahlenther. 127 (1965) 44
- WIELAND, C.: Indikationsstellung und Ergebnisse der Strahlentherapie bei Arthrosen.
Z. Rheumaforsch. 25 (1966) 324
- WITT, A.N.: Die Alloarthroplastik. — Indikationen und Erfahrungen.
Vortrag 300 Jahr-Feier, Innsbruck, Österreich, 1970

10. LEBENSLAUF

Ich wurde am 26. April 1946 in Köthen-Sa. Anhalt geboren und bin dort evangelisch getauft worden. Meine Eltern sind der Verwaltungsangestellte Waldemar Schultz und dessen Ehefrau Eugenie, geb. Giese, die 1947 im Zuge der Nachkriegsereignisse nach Kempten/Allgäu umsiedelten.

Dort besuchte ich vom 1.9.1952 — 31.10.1960 die Volks- und Oberschule in Kempten. Vom 1.11.1960 — 31.9.1963 Ausbildung als Techn. Zeichner (Heizung) bei Fa. A. Esters in Kempten, wo ich noch bis 30.9.1964 arbeitete.

Ab 1.10. 1964 studierte ich ein Semester am Missions- und Diasporaseminar in Neudettelsau, von dort Wechsel auf das Laubach-Kolleg der Evang. Kirche in Hessen und Nassau um das Abitur nachzuholen; Reifeprüfung am 25.2.1969. Vor Beginn des Studiums ein halbes Jahr berufliche Tätigkeit bei der Allgäuer Brauhaus AG in Kempten.

Im Wintersemester 1969/70 ein Semester Studium der Evang. Theologie an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Zum Sommersemester 1970 Wechsel in die Medizinische Fakultät und Studienbeginn im Fach Humanmedizin.

Die Naturwissenschaftliche Vorprüfung legte ich im Wintersemester 1970/71 ab, die Ärztliche Vorprüfung im Wintersemester 1972/73 und die Ärztliche Prüfung im Sommersemester 1976. Alle Prüfungen fanden vor den jeweiligen Prüfungsausschüssen der Med. Fak. der Ludwig-Maximilians-Universität statt, an der ich auch derzeit noch immatrikuliert bin.

